

POTÊNCIA EM CA

Expressão da potência

A potência trifásica ativa, tanto para a disposição de alternador em estrela quanto em triângulo, é a mesma, e vem a ser a soma das potências das três fases. Calcula-se pela fórmula.

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$$

Sendo:

U = tensão eficaz entre dois fios-fase

I = corrente eficaz da linha

φ = ângulo de atraso (defasagem) de I em relação a U na representação vetorial dessas grandezas.

Fator de potência

Quando em um circuito de corrente alternativa existe intercalada uma bobina (por exemplo), um motor de indução, um reator para iluminação fluorescente) ou um capacitor, observa-se que a potência total consumida em cada fase e que é dada pelo produto da intensidade da corrente I (lida no amperímetro) pela diferença de potencial (lida no voltímetro) não é igual à potência indicada pelo wattímetro.

Se no circuito houvesse apenas resistências ôhmicas, o produto V x A (volts X ampères) coincidiria com a leitura em watts.

Quando há bobinas, a leitura da potência, no wattímetro, será inferior ao produto volts x ampères, e se denomina potência ativa P, porque é a responsável pela circulação da energia no circuito das bobinas.

A potência aparente P_{α} é dada pelo produto da tensão U pela corrente I medidas nos instrumentos e é expressa em $V \times A$ ou kVA .

Denomina-se fator de potência a relação entre a potência P e a potência aparente P_{α} , ou seja, entre a potência realmente utilizada para vencer as resistências e, além disso, os efeitos de indutância para criar o campo magnético (em bobinas, etc.) e de capacitância (nos capacitores) para criar o campo elétrico.

$$\text{Fator de potência} = \frac{P}{P_{\alpha}} = \cos \varphi$$

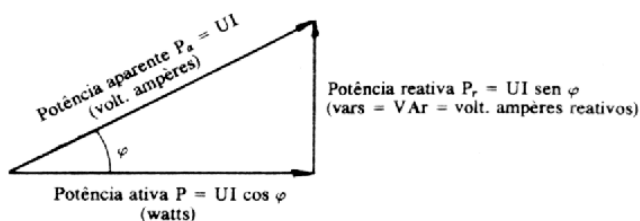
φ é, como vimos, o ângulo de defasagem entre a tensão U e a corrente I . Considerando sucintamente os três casos que podem apresentar-se.

1º caso: Existem apenas resistências ôhmicas no circuito.

A corrente acha-se em fase com a tensão.

$$\cos \varphi = 1$$

A potência é dada por $U \times I = P$, e a leitura no wattímetro coincide com a do produto de I (lido no amperímetro) por U (lido no voltímetro).



Potência a considerar quando há indutância

Devido ao inconveniente causado por um baixo fator de potência, as empresas, concessionárias de energia elétrica fixam, como valor mínimo do fator de potência, 0,80 e até mesmo 0,85. Excetuam-se as instalações contendo apenas motores de pequena potência, nas quais, em geral, são

permitidos motores com fator de potência inferior à 0,80, desde que a soma das potências ativas instaladas de tais motores não ultrapasse 5 kW.

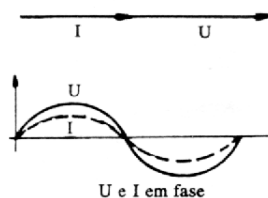
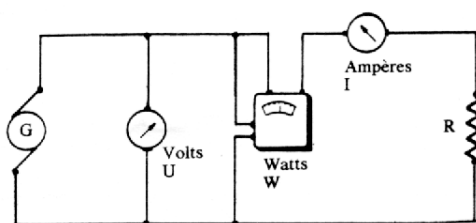
Todas as instalações de lâmpadas ou tubos de iluminação a vapor de mercúrio, neônio, fluorescente, ultravioleta, cujo fator de potência seja inferior a 0,90, deverão ser providas dos dispositivos de correção necessários para que seja atingido o fator de potência de 0,90, no mínimo, valor este obtido junto ao medidor da instalação.

2º caso: Existe uma capacitância (efeito de capacitor)

Neste caso, a corrente fica avançada em relação à tensão, de modo que, intercalando-se um capacitor em um circuito com indutância, pode-se neutralizar o efeito da mesma, pois, se por um lado a indutância atrasa a corrente em relação à tensão, a capacitância produz o efeito contrário.

Em instalações industriais, consegue-se melhorar o fator de potência (tornar o $\cos \varphi$ bem próximo de 1) utilizando-se capacitores estáticos industriais ou motores síncronos superexcitados, que têm a propriedade de neutralizar a componente reativa ou deswattada da potência.

Valores do fator de potência ($\cos \varphi$)	$\cos \varphi$
Aparelhos de iluminação incandescente	1,0
Aparelhos com lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, com aparelhos compensados (18 a 180 W)	0,85
Idem, de alta pressão não-compensados (70 a 1.000 W)	0,4
Idem, de alta pressão compensados (70 a 1.000 W)	0,85
Aparelhos com lâmpadas fluorescentes	
Não-compensados	
com starter (18 a 65 W)	0,5
partida rápida (20 a 110 W)	0,5
Compensados:	
com starter (18 a 65 W)	0,85
partida rápida (20 a 110 W)	0,85
Aparelhos com lâmpadas de vapor de mercúrio	
Não-compensados:	
220 V — (50 a 1.000 W)	0,5
Compensados:	
220 V — (50 a 100 W)	0,85
Motores elétricos trifásicos, de gaiola	
até 600 W	0,5
de 1 a 4 cv	0,75
de 5 a 50 cv	0,85
de mais de 50 cv	0,90

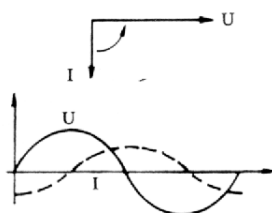
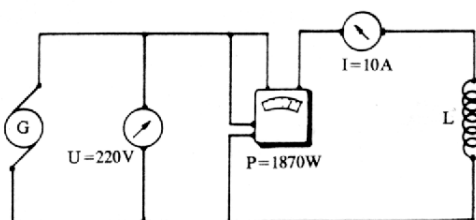


Circuito apenas resistivo

3º caso: Existe exclusivamente uma indutância (bobina ou dispositivos que sofram efeitos de indução eletromagnética da corrente).

A indutância, como dissemos, faz com que a corrente fique em atraso em relação à tensão.

Na figura a seguir acha-se representado um circuito monofásico, no qual o amperímetro indica $I = 10 \text{ A}$ e o voltímetro $U = 220 \text{ V}$. A potência aparente ou total é dada por $P_{\alpha} = U \times I = 10 \times 220 = 2200 \text{ volt-ampères (VA)}$, mas o wattímetro indica 1870 watts, para a potência real ou ativa que ocasiona a circulação da corrente através da bobina.



Circuito com indutância

O fator de potência para este circuito monofásico será:

$$\frac{\text{Potência ativa}}{\text{Potência total}} = \frac{W}{\text{V.A.}} = \frac{1870}{2200} = 0,85 \text{ ou } 85\%$$

isto é, $\cos \varphi = 0,85$. Logo, o ângulo de defasagem de I em relação a U será de 32° .

Vemos que, quando o fator de potência é inferior à unidade, existe um consumo de energia não medida no wattímetro, consumo aplicado na produção da indução

magnética. Uma instalação com baixo fator de potência, para produzir uma potência ativa P , requer uma potência aparente P_{α} maior, o que onera essa instalação com o custo mais elevado de cabos e equipamentos.

A parte da potência consumida pelos efeitos de indução é denominada potência reativa, e demonstra-se que esta potência, somada vetorialmente com a potência ativa (em watts), fornece o produto volt-ampère (V A, k V A).

A potência reativa é medida em vars.

Exemplo

A potência de um motor elétrico, trifásico, alimentado em 220 V, medida com um wattímetro, é de 18,5 cv. O fator de potência é 0,85. Calcular a corrente de alimentação do motor e as potências aparente e reativa.

$$1 \text{ cv} = 736 \text{ W}$$

Dados:

$$P = 18,5 \text{ cv} = 18,5 \times 736 = 13,616 \text{ W}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

Solução

1) Intensidade da corrente

Da Equação tiramos.

$$I = \frac{P}{U \sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{13,616}{220 \sqrt{3} \times 0,85} = 42,039 \text{ A}$$

2) Potência aparente

$$P_{\alpha} = U \times I \sqrt{3}$$

$$P_{\alpha} = 220 \times 42,039 \times \sqrt{3} = 16,018 \text{ V A} = 16,018 \text{ kV A}$$

3) Potência reativa

Tiramos:

$$P_r = \sqrt{P_{\alpha}^2 - P^2}$$

$$P_r = \sqrt{16,018^2 - 13,616^2} = 8,436 \text{ kV Ar}$$

Potência de motor elétrico

Podemos considerar para um motor as seguintes potências:

Potência nominal ou potência de saída. É a potência mecânica no eixo do motor. Num laboratório de ensaios, seria medida com o auxílio de um freio dinamométrico. É expressa em c.v. ou kW e eventualmente em HP.

Potência de entrada (P_e). Corresponde à potência absorvida pelo motor para o seu desempenho.

A relação entre a potência nominal e a potência de saída é o rendimento mecânico η do motor.

$$\eta = P_n / P_e$$

A potência de entrada, expressa em kW, pode ser calculada em função da potência nominal pelas fórmulas:

$$P_e = \frac{P_n}{\eta} \text{ (kW)}$$

$$P_e = \frac{P_n \text{ (c.v.)} \times 0,736}{\eta} \text{ (kW)}$$

$$P_e = \frac{P_n \text{ (HP)} \times 0,746}{\eta} \text{ (kW)}$$

Estas expressões serão corrigidas pela introdução da grandeza denominada fator de potência, de que tratamos a seguir.

Fator de potência

Quando num circuito existe intercalada uma ou mais bobinas, como é o caso de um circuito com motores, observa-se que a potência total fornecida, que é determinada pelo produto da corrente lida num amperímetro pela diferença de potencial lida em um voltímetro, não é igual à potência lida num wattímetro.

No caso de haver motores, reatores, transformadores ou lâmpadas de descarga, a leitura do wattímetro indicaria valor inferior ao produto volt x ampères. Se no circuito houvesse apenas resistores, os dois resultados coincidiriam, pois volts x ampères = watts.

Fazendo-se a representação das variações de corrente e da tensão em função do tempo, verifica-se que quando existe auto-indução pela passagem da corrente através de um enrolamento a voltagem atinge o valor positivo máximo antes que a corrente alcance o seu valor positivo máximo. Representando por vetores as grandezas I e U, o atraso da corrente I em relação à tensão U é o ângulo ϕ de defasagem.

De modo análogo, representando vetorialmente as potências, veremos que a chamada potência total ou aparente (volt x ampères, ou kV A = 1.000 V A) resulta da composição da potência ativa ou efetiva (watts) com a potência reativa (V A Rs = volts x ampères reativos), e que a potência ativa e a aparente estão defasadas entre si do ângulo ϕ .

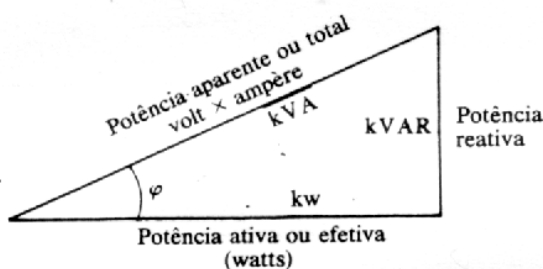
Chama-se fator de potência o co-seno desse ângulo ϕ .

Isto é, o valor dado por:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Pot. ativa}}{\text{Pot. aparente}} \quad \text{ou} \quad \left(\frac{\text{KW}}{\text{kV A}} \right)$$

O nome fator de potência decorre de que, multiplicando-se a potência aparente pelo $\cos \varphi$, obtém-se a potência ativa, isto é:

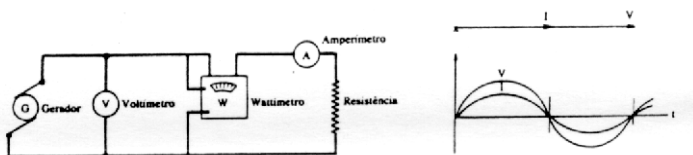
$$\text{kW} = \cos \varphi \times \text{kV A}$$



Esquema vetorial mostrando a composição para obter-se a potência ativa

Quando há, apenas, resistências num circuito, dizemos que a corrente está “em fase” com a tensão (figura a seguir). Então $\varphi = 0$, $\cos \varphi = 1$ e a potência monofásica é dado por:

$$W = U I \text{ (watts = volt x ampères)}$$

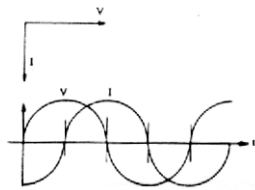
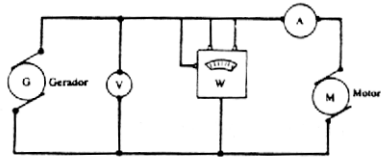


Circuito apenas resistivo, em que a corrente está “em fase” com a tensão.

Como foi mencionado acima, no caso de haver indutâncias (bobinas, motores ou dispositivos que sofram os efeitos da indução eletromagnética da corrente), a corrente fica defasada e em “atraso” em relação à tensão (figura a seguir). Neste caso, como vimos,

$$P_{\text{ativa}} = \cos \phi \times P_{\text{total}}$$

$$I_{\text{ativo}} = \cos \phi \times I_{\text{total}}$$



Circuito com indutância, em que a corrente está “em atraso” com a tensão.

Quanto maior o valor do fator de potência, tanto maior será o valor de I_{ativo} .

Os condutores e equipamentos elétricos são dimensionados com base no I_{total} , de modo que, para uma mesma potência útil (kW), deve-se procurar Ter o menor valor possível da potência total (kV A), e isto ocorre evidentemente quando $I_{\text{ativo}} = I_{\text{total}}$ o que corresponde a $\cos \phi = 1$.

Quanto mais baixo for o valor de potência, maiores deverão ser, portanto, as seções dos condutores e as capacidades dos transformadores e dos disjuntores. Um gerador, suponhamos de 1000 kV A pode fornecer 1000 kW a um circuito apenas com resistências, pois neste caso $\cos \phi = 1$. Se houver motores e o circuito tiver fator de potência 0,85, isto é, $\cos \phi = 0,85$, o gerador fornecerá apenas 850 kW de potência útil ao circuito.

Quando um motor de indução opera a plena carga, pode-se ter $\cos \varphi \cong 0,90$. Se operar com cerca da metade da carga, $\cos \varphi \cong 0,80$, e se trabalhar sem carga, $\cos \varphi \cong 0,20$. Daí se conclui ser necessário uma criteriosa escolha da potência do motor para que opere em condição favorável de consumo de energia.

Como dissemos, o efeito da potência reativa (k V AR), chamada também “componente dewattada”, é consumir potência que não é acusada no wattímetro, de modo que a empresa concessionária forneceria energia que, não sendo registrada, não seria cobrada do consumidor, embora este a estivesse gastando.

Por isto, as concessionárias não permitem instalações industriais com fator de potência inferior a 0,85, cobrando sobretaxas sobre o excesso, melhor dizendo, abaixo desse valor.

Veremos, em capítulo próprio, os recursos que se podem empregar para melhorar o fator de potência.

Corrente no motor trifásico

A corrente que produz potência média positiva ou motriz é, como vimos, a wattada, ativa ou efetiva. A potência reativa ou dewattada produz potência média nula, daí não ser utilizável. Num período, o gerador fornece esta potência e a recebe de volta, não havendo saldo de potência utilizável. A potência ativa no circuito trifásico é dada pela expressão:

$$P_{(watts)} = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta$$

onde η = rendimento do motor.

Da Equação anterior obtém-se a corrente nominal ou wattada, isto é, a corrente de plena carga consumida pelo motor quando fornece a potência nominal a uma carga.

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{P_{(\text{c.v.})} \times 736}{U_{(\text{volts})} \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta}$$

Para um motor monofásico, teremos:

$$I_{(\text{ampères})} = \frac{P_{(\text{c.v.})} \times 736}{U_{(\text{volts})} \times \cos \varphi \times \eta}$$

Exemplo

Qual a corrente nominal solicitada pelo motor trifásico de uma bomba de 5 c.v. sob uma tensão de 220 V, sendo $\cos \varphi = 0,80$ e o rendimento do motor igual a 96% ($\eta = 0,96$)?

$$I = \frac{P \times 736}{U \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta}$$

(1 c.v. = 736 watts)

$$I = \frac{5 \times 736}{220 \times \sqrt{3} \times 0,80 \times 0,96}$$

$$I = 12,6 \text{ A}$$

Resumo das fórmulas para determinação de I (ampères), P (c.v.), kW e kVA

Fórmulas para determinação de $I_{(\text{ampères})}$, $P_{(\text{c.v.})}$, kW e kVA

Para obter	Corrente contínua	Corrente alternada	
		Monofásica	Trifásica
I (ampères), quando $P_{(\text{c.v.})}$ for conhecido	$\frac{P \times 736}{U \cdot \eta}$	$\frac{P \times 736}{U \times \eta \times \cos \varphi}$	$\frac{P \times 736}{U \times \sqrt{3} \times \eta \times \cos \varphi}$
I (ampères), quando se conhece a potência expressa em kW	$\frac{\text{kW} \times 1.000}{U(\text{volts})}$	$\frac{\text{kW} \times 1.000}{U \times \cos \varphi \times \eta}$	$\frac{\text{kW} \times 1.000}{U \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta}$
I (ampères), quando se conhece a potência em kVA	—	$\frac{\text{kVA} \times 1.000}{U}$	$\frac{\text{kVA} \times 1.000}{U \times \sqrt{3}}$
kW (kilowatts)	$\frac{I \times U}{1.000}$	$\frac{I \times U \times \cos \varphi \times \eta}{1.000}$	$\frac{I \times U \times \sqrt{3} \times \cos \varphi \times \eta}{1.000}$
kVA (input)	—	$\frac{I \times U}{1.000}$	$\frac{I \times U \times \sqrt{3}}{1.000}$
Potência em c.v. (output)	$\frac{I \times U \times \eta}{736}$	$\frac{I \times U \times \eta \times \cos \varphi}{736}$	$\frac{I \times U \times \sqrt{3} \times \eta \times \cos \varphi}{736}$
Potência em HP (output)	$\frac{I \times U \times \eta}{746}$	$\frac{I \times U \times \eta \times \cos \varphi}{746}$	$\frac{I \times U \times \sqrt{3} \times \eta \times \cos \varphi}{746}$

Introdução

A notável evolução da eletrônica tem sempre exigido a adoção de novas técnicas e processos. Como exemplo bastaria citarmos o circuito impresso.

Durante a Segunda Guerra surgiu a necessidade de equipamentos eletrônicos, para fins militares, que apresentassem tamanho reduzido, alta confiabilidade, resistência a vibrações e choques mecânicos e, o que era de grande importância, facilidade para produção em massa. Os técnicos do National Bureau of Standards, dos EUA, chegaram a conclusão que a melhor solução para esse problema era a utilização de circuitos impressos.

Foram dados assim os primeiros passos para a criação de uma nova técnica, que viria, anos mais tarde, revolucionar os sistemas de montagem de receptores e demais aparelhos eletrônicos.

O primeiro processo

A solução para a obtenção de um circuito impresso foi encontrada de maneira clara e direta, isto é, o condutor deveria ser impresso com uma tinta condutora sobre uma base isolante. A solução óbvia para se produzir uma tinta condutora seria juntar pó metálico a alguma espécie de aglutinador resinoso.

Os metais, porém, quando reduzidos a pó, tem suas partículas oxidadas e, com exceção da prata, têm sua condutibilidade bastante reduzida. A prata, porém, mesmo sob a forma de óxido ou de sulfato, mantém sua condutibilidade bastante satisfatória. Por essa razão foi escolhida como elemento metálico das tintas condutoras.

A relação entre aglutinador e pó de prata é limitada pela necessidade de se manter a tinta numa consistência que permite sua aplicação de maneira bem definida. Verificou-se, portanto, que, por mais alta que fosse a porcentagem de pó de prata na tinta, o condutor impresso tinha apenas 30% da condutibilidade que teria se fosse de prata, com a mesma dimensão e espessura. A razão disto é óbvia: as partículas de prata estão separadas umas das outras por uma certa quantidade de resina aglutinadora .

Outro problema encontrado com o condutor pintado foi a dificuldade de soldagem. Embora fosse possível produzir uma tinta condutora, de secagem ao ar livre, que pudesse ser soldada, essa operação não era simples e, conseqüentemente, não poderia ser utilizada em linhas de produção em série.

Constatou-se, entretanto, que, aquecendo-se a tinta a uma temperatura entre 480°C e 760°C, o aglutinador era queimado, deixando a prata fundida como um condutor sólido, cuja condutibilidade era cerca de 80% da condutibilidade de um condutor de prata, das mesmas dimensões. Com esta técnica foi contornado o problema da condutibilidade e da facilidade de soldagem.

Entretanto, as altas temperaturas necessárias ao processo de queima do aglutinador introduziram uma severa limitação no que diz respeito ao material usado como base isolante do circuito impresso. Mesmo os plásticos mais resistentes não suportaram as altas temperaturas de 480°C ou mais. Passou-se a usar então o vidro, a porcelana ou a esteatita.

As experiências apontaram a esteatita como o material mais indicado. Embora bastante semelhante a porcelana, em aspecto, apresenta maior rigidez e, devido sua elevada densidade, não absorve água ou solventes. A característica de baixa absorção de umidade torna a esteatita um isolante de grande importância na indústria elétrica.

Componentes impressos

Como era de se esperar, a técnica do circuito impresso levou os fabricantes a imaginarem outras aplicações. Por exemplo: se, ao invés de usarem tinta condutora, usassem uma tinta com características condutora pobres (à base de carvão ou grafite), poderiam obter resistores impressos.

Por outro lado, se pintassem ambas as faces de uma delgada lâmina de cerâmica com uma camada de tinta de prata, teriam um capacitor.

Evidentemente, a coisa não era tão simples assim, e inúmeros problemas tiveram que ser resolvidos antes de se conseguir tais componentes na prática.

Em busca de uma aplicação comercial para os pequenos conjuntos, a CENTRALAB, por volta de 1950, começou a estudar os diversos circuitos comerciais utilizados. Deste estudo, chegou-se à conclusão de que os pontos mais adequados para serem utilizados os componentes impressos eram as redes de acoplamento entre os estágios amplificadores e outras redes resistência/capacitância, tais como filtros e intergradores.

Enfim, como costuma acontecer nos mais variados setores técnicos e científicos, há conceitos e técnicas que são usados durante pouco tempo, mas que servem de base para novos produtos, mais perfeitos e funcionais, que abrem novos campos de trabalho e de processo.

Esse foi o caso do circuito impresso com tinta condutora. Seu emprego foi relativamente limitado, mas abriu as perspectivas para o futuro, ou seja, para os circuitos impressos utilizados atualmente. Também os conjuntos de componentes impressos podem ser considerados como um tímido e rudimentar esboço do que seriam os modernos circuitos integrados.

Circuitos impresso por meio de gravação química

Embora a utilização deste sistema seja relativamente recente, quem primeiro pensou em sua viabilidade foi P. Eisler, quando trabalhava, em 1941, para a Henderson & Spaulding, uma grande firma inglesa no setor gráfico. Eisler previa a possibilidade de se empregar a experiência e os métodos da indústria de artes gráficas nas técnicas de montagens eletrônicas, assim sendo, tentou aplicar os conhecidos métodos de gravação das indústrias gráficas para obter circuitos impressos.

Após as primeiras e infrutíferas experiências com tintas metálicas, chegou a conclusão que a solução seria utilizar uma base de material isolante, tendo uma das faces recoberta por uma delgada lâmina metálica. Desta forma a obtenção do padrão (ou circuito) impresso não representaria problemas, pois poderiam ser utilizados métodos de foto gravação, amplamente empregados nas indústrias gráficas. Utilizando tintas resistentes aos corrosivos químicos, poderia proteger-se as partes que deveriam permanecer para formar o circuito impresso, enquanto que as indesejáveis permaneceriam expostas e seriam corroídas pelo agente químico. As idéias de Eisler eram porém muito adiantadas para que pudessem ser utilizadas pelas indústrias eletrônicas britânicas: suas experiências foram, portanto, desenvolvidas apenas em escala de laboratório.

Somente no fim da guerra, devido a troca de informações básicas entre os serviços militares britânico e norte americano, é que o trabalho de Eisler, relativo às técnicas de circuito impresso, foi levado ao conhecimento do **Signal Corps Engineering Labs.**

Estava assim aberto o caminho para a introdução do circuito impresso na indústria eletrônica. Evidentemente, até que o circuito impresso se tornasse corriqueiro nos aparelhos comerciais, houve um longo caminho a ser percorrido.

Inicialmente, a necessidade de se produzirem equipamentos eletrônicos para fins militares em grandes

quantidades, empregando o sistema de montagem automática
dos componentes, tornou-se praticamente um dispositivo
estratégico.

Por outro lado, a preparação da indústria eletrônica para
novas técnicas, a produção econômica de materiais para estas
técnicas e, principalmente, o fabuloso capital que essa inovação
iria exigir, foram os principais responsáveis pelo retardo da
introdução do circuito impresso nos aparelhos comerciais.

Atualmente, os circuitos impresso são utilizados nos
mais diversos aparelhos, porque permitem uma montagem
compacta, prática e, sobretudo confiável. São realmente raras
as montagens eletrônicas que não empregam a técnica dos
circuitos impressos hoje em dia.

Circuito impresso

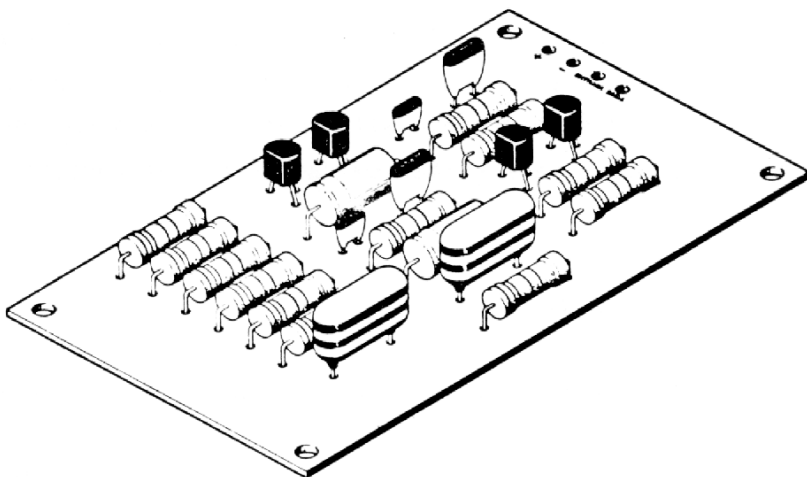
O circuito impresso é constituído por filetes de material
condutor, fixos numa chapa de material isolante.

Os filetes substituem os condutores elétricos, nas
ligações entre componentes, dos circuitos.

Algumas vantagens que o circuito impresso apresenta, ...
em relação à montagem convencional, são:

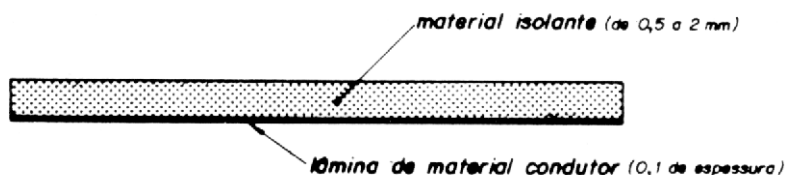
- Eliminação da fiação de conexão entre os
componentes.
- Padronização da montagem de circuitos em linhas
de produção.
- Uniformidade na disposição dos componentes.
- Economia de espaço.
- Acesso fácil aos componentes para medições.
- Melhoria do acabamento final do circuito.

A figura a seguir apresenta uma montagem realizada em placa de circuito impresso.



Matéria prima

A matéria prima para a confecção de um circuito impresso é uma chapa de material isolante recoberta em uma das faces por uma lâmina de material condutor.



Chapa de material isolante

A chapa de material isolante pode ser um fenolite ou fibra de vidro (fiberglass):

Fenolite

Material isolante de cor marrom ou parada com pequenas variações de tom. Encontrada em diversas espessuras (0,5mm a 2mm). Tem pouca rigidez mecânica.

Fibra de vidro

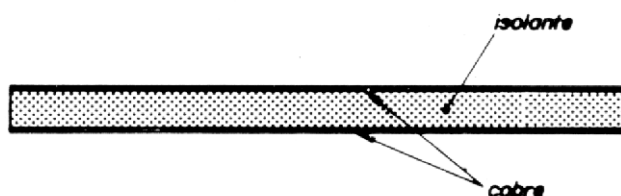
Material isolante, levemente transparente com ótima rigidez mecânica e boa isolação elétrica. A espessura é de aproximadamente 1mm. É usado normalmente em linhas de produção industriais.

Material condutor

O material condutor usado para revestir uma das faces da chapa isolante é normalmente o cobre. Em circuitos mais sofisticados (equipamentos médicos, computação, etc.) onde é necessário alta confiabilidade no funcionamento a face cobreada é banhada em ouro para evitar oxidações e maus contatos.

As chapas de dupla face

Existem ainda placas para a fabricação de circuitos impressos cobreadas nas duas faces (figura abaixo).

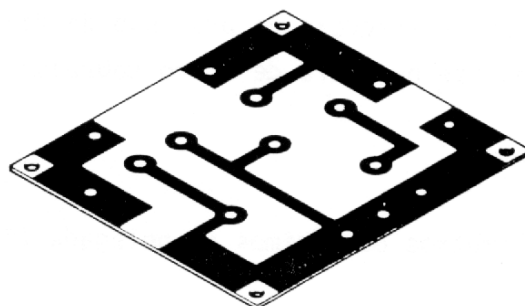


Este tipo de placas é utilizado em circuitos que contém um grande número de componentes e ligações, e que apresentariam dificuldades de execução em uma placa de face simples.

Interligação dos componentes

Quando a placa de circuito está pronta, a face cobreada não apresenta mais camada de cobre em toda sua extensão.

No processo de fabricação o cobre é removido de determinadas regiões da placa. O resultado é a formação de trilhas de cobre que percorrem a placa.

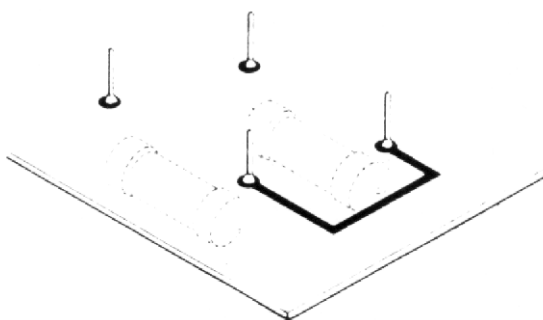
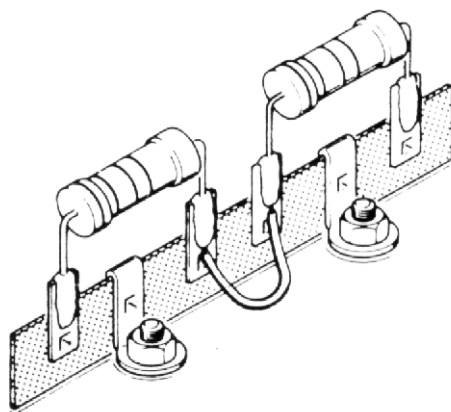


- ☒ Regiões de permanência do cobre
- ☐ Regiões onde o cobre foi removido

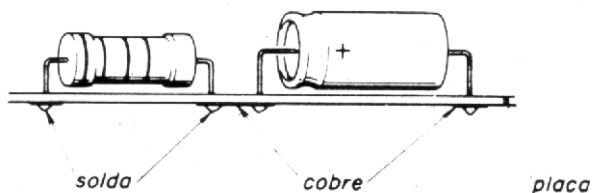
As trilhas, chamadas de “filetes”, serão responsáveis pela interligação dos componentes que compõem o circuito.

Todos os componentes que forem soldados a um filete de cobre estarão ligados eletricamente entre si como se houvesse um condutor de interligação.

As figuras abaixo ilustram como acontece a substituição de uma ligação por condutor por uma ligação através de circuito impresso.



A figura seguinte mostra uma vista em corte de ligação por filete entre os terminais de dois componentes.

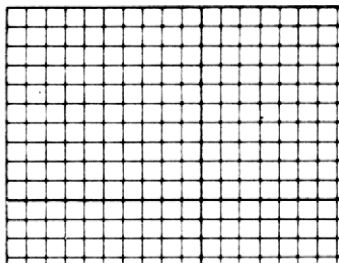
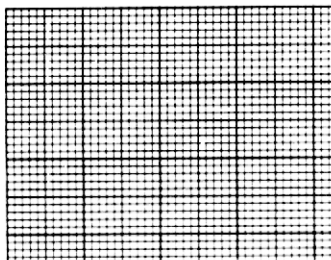


Projeto de circuito impresso

O projeto de um circuito impresso consiste da elaboração do conjunto de desenho e informações que servirão como base para a execução do processo de fabricação e montagem de um circuito em placa de fenolite ou fibra de vidro cobreada.

Material necessário para o projeto

- Folha em papel quadriculado em milímetros ou décimos de polegada.



- Esquema do circuito elétrico ou diagrama esquemático.
- Componentes ou catálogos com suas dimensões, necessários, para que o projeto do circuito impresso seja feito levando em consideração o tamanho real dos componentes.
- Lápis
- Borracha e/ou lápis borracha.
- Papel transparente (vegetal ou poliéster).
- Régua
- Gabarito de círculos

Conteúdo do projeto

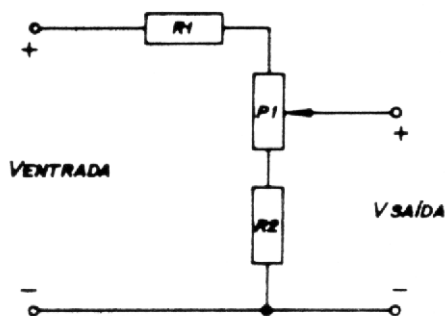
O projeto da placa, denominado LEIAUTE, consiste de um conjunto de desenhos e informações.

Os desenhos e informações que constituem o leiaute devem ser corretos e completos, de forma a conterem todas as indicações necessárias para a montagem do circuito e sua conexão com outros circuitos, fontes , painéis, etc.

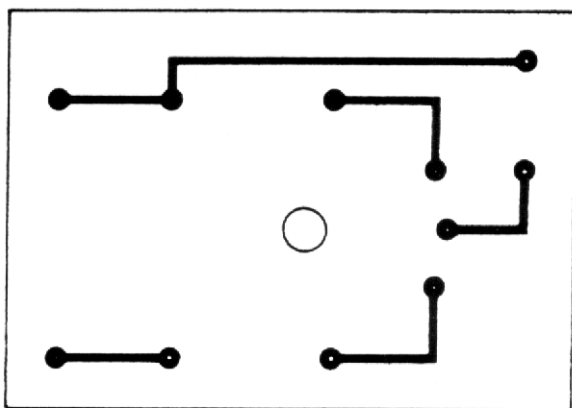
A seguir estão apresentados alguns exercícios de desenhos e informações contidos em um leiaute.

Desenhos

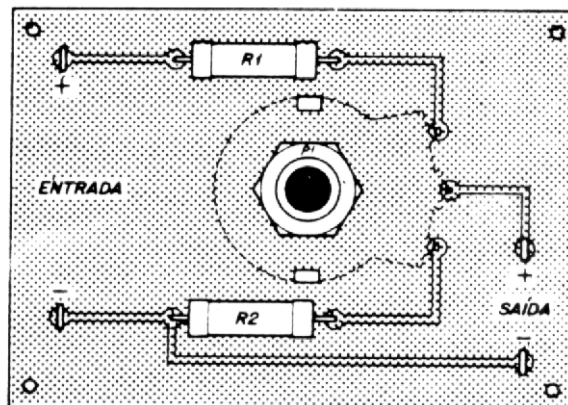
- Do esquema do circuito eletrônico.



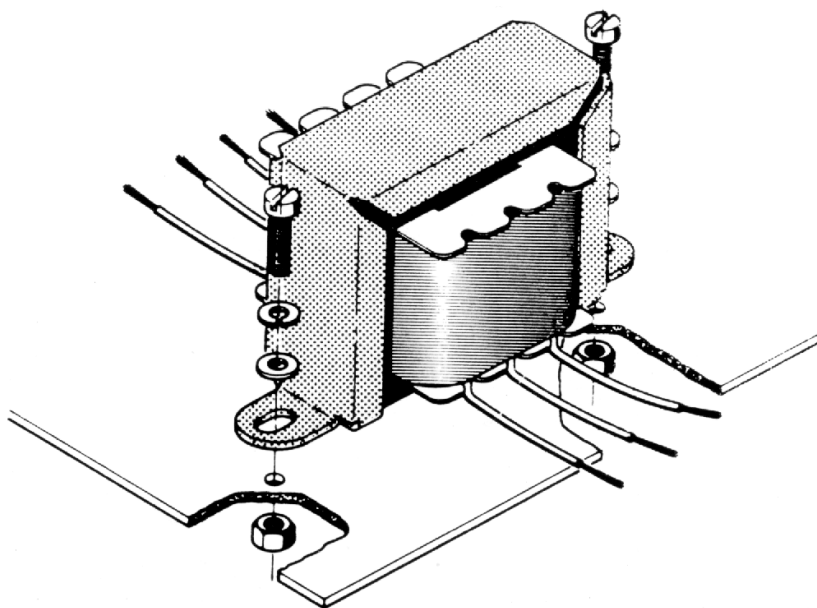
- Do lado cobreado do circuito impresso denominado de chapeado.



Do posicionamento dos componentes visto pelo lado da chama de fenolite, denominada de “sistema equipado”.



- De detalhes construtivos e de fixação.



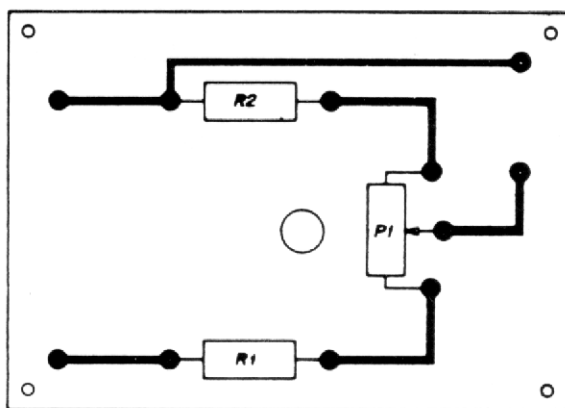
Informações

- Lista de componentes.
- Observações de esclarecimento e manutenção.

Por exemplo:

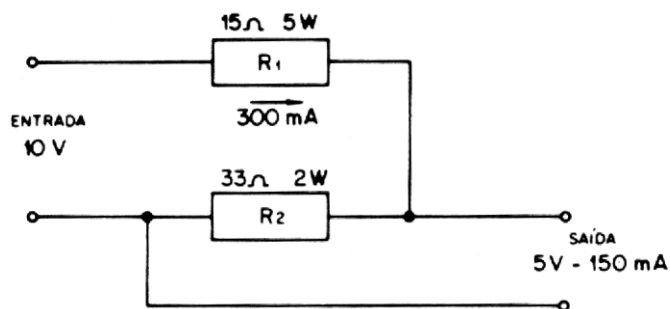
- Tensões e sinais de entrada
- Tensões e sinais de saída
- Cuidados especiais

• Opcionalmente, pode-se incluir um desenho do posicionamento dos componentes visto pelo lado cobreado da placa, apresentados em forma de simbologia.



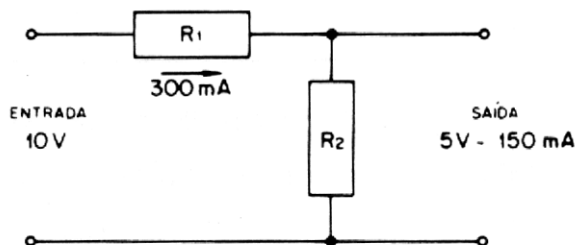
A primeira providência com relação ao projeto de circuito impresso diz respeito ao circuito elétrico.

Muitas vezes a forma de distribuição dos componentes no esquema não permite uma visualização da função do conjunto.



Nestes casos deve-se proceder na reestruturação do esquema ordenando os componentes para que o circuito apresente uma configuração que permita identificar facilmente a finalidade de cada um dos componentes no circuito.

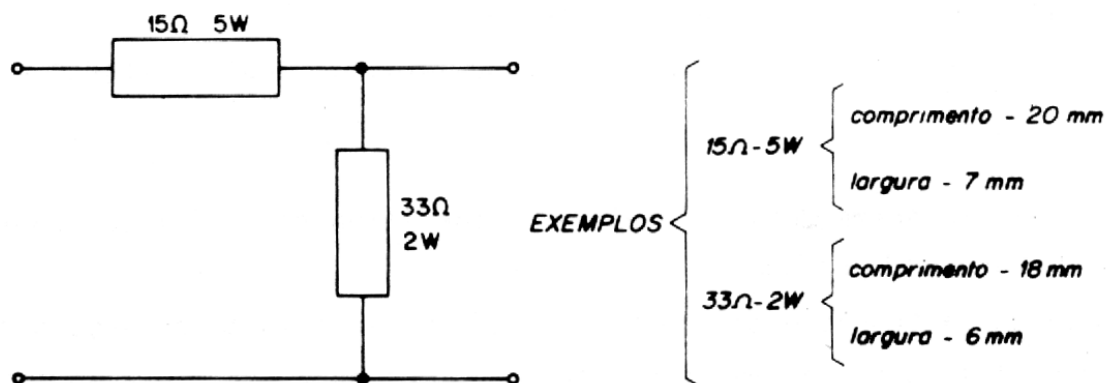
A figura seguinte apresenta o circuito da figura anterior reestruturado.



Na figura é possível perceber claramente a configuração de um divisor de tensão.

Itens a observar na execução do projeto de um circuito impresso

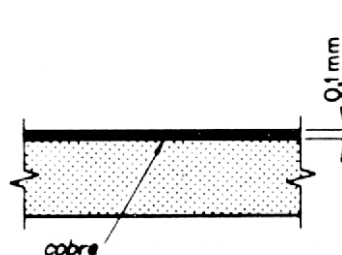
- Dimensões dos componentes: o projeto da placa deve ser realizado **de acordo com a dimensão real** dos componentes que serão utilizados na montagem do circuito.



- Largura dos Filetes de Cobre: a largura destes depende da corrente circulante. A tabela seguinte apresenta a corrente de trabalho dos filetes, de acordo com sua largura.

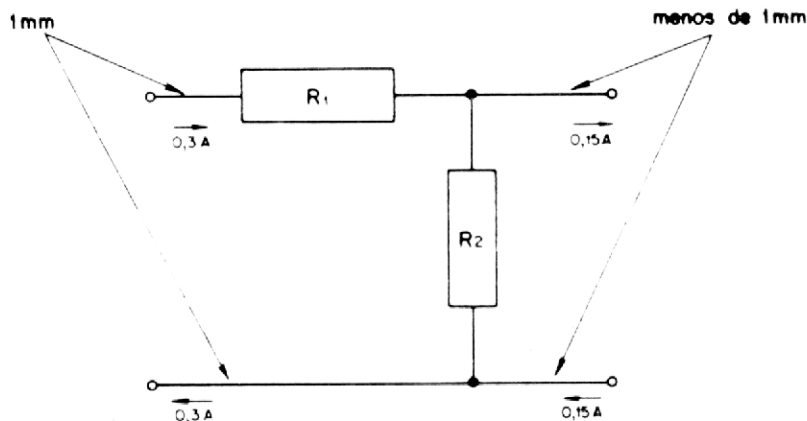
Largura do filete em mm	corrente em mA
1	306
2	612
3	965
4	1220
5	1540
6	1950
8	2450
10	3000
13	3900
17	5000

Tabela válida para chapa de cobre de 0,1mm de espessura (chapa convencional).



No circuito de divisor de tensão as ligações de entrada operam uma corrente de 300mA e as ligações de saída com corrente de 150mA.

De acordo com a tabela anterior as ligações de entrada devem ser de 1mm e as ligações de saída, menos de 1mm .



Para facilitar o desenho no papel milimetrado não se deve adotar medidas “quebradas”. Para o projeto do circuito impresso do divisor de tensão apresentado, pode – se usar filetes de 1mm em todas as conexões.

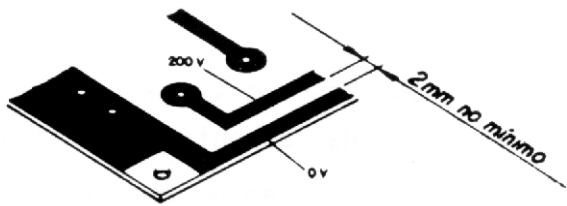
Esta simplificação é muito utilizada porque facilita todo o projeto de circuitos impressos.

- Distanciamento entre dois filetes: a distância entre os filetes depende da tensão existente entre eles.

A medida que a tensão entre dois filetes é mais elevada torna-se necessário aumentar o afastamento entre os filetes para que haja uma isolação adequada entre os pontos do circuito.

Adota-se como regra uma distância de 1mm para cada 100V de diferença de tensão entre os filetes.

Isto significa que os dois filetes adjacentes com uma diferença de tensão de 200V devem ser separados por 2mm no mínimo.



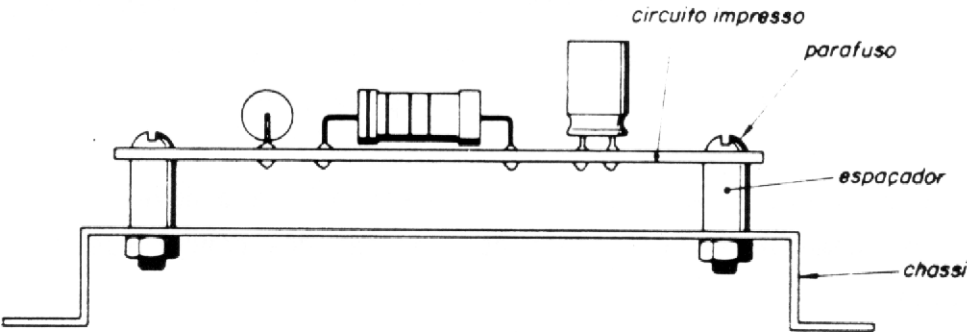
Esta regra também é válida para circuitos onde existem picos de tensão. No circuito do divisor de tensão apresentado, as tensões envolvidas estão todas abaixo de 100V. Pode-se então, neste caso, adotar como regra:

Distância mínima entre os filetes – 1mm

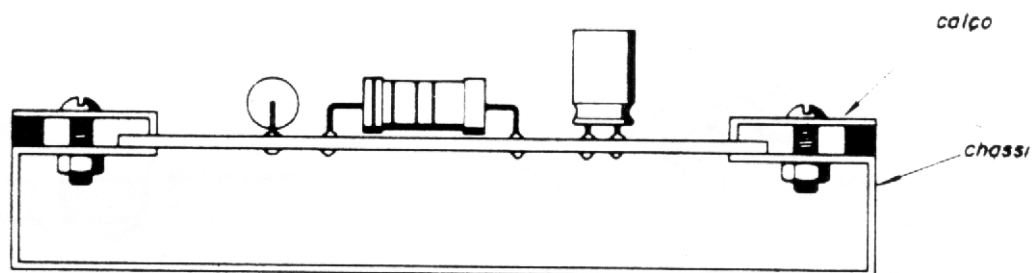
- Sistema de fixação: Ao executar o projeto de um circuito impresso deve-se prever a forma como a chapa será fixada ao chassi ou à base de montagem. De acordo com o sistema escolhido será feita a previsão dos pontos de fixação na chapa do circuito impresso.

Os sistemas de fixação mais utilizados são:

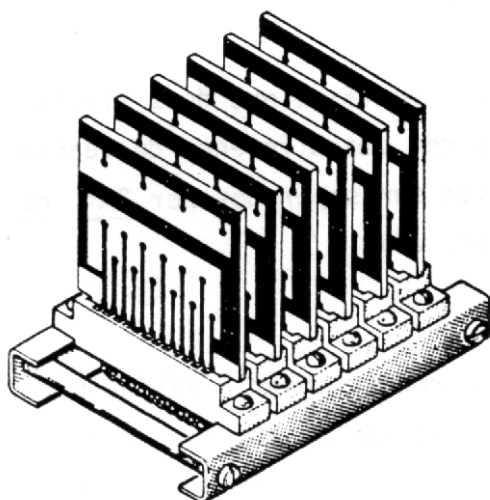
- Parafusos com espaçadores (distanciadores).



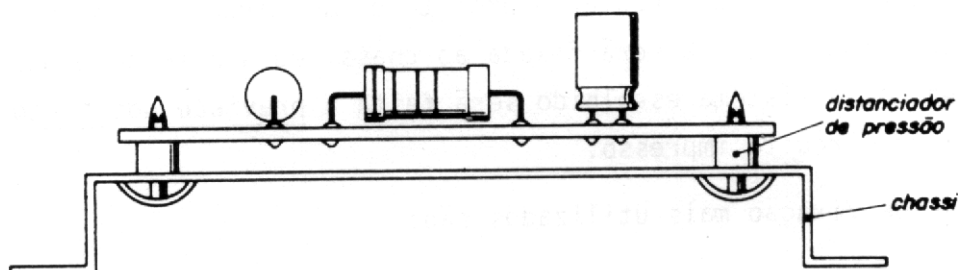
- Por calços de fixação.



- Em "RACKS". Para a utilização do sistema de fixação por "rack" todas as entradas e saídas da placa devem estar em um dos lados do circuito impresso.



- Por distanciamento de pressão.



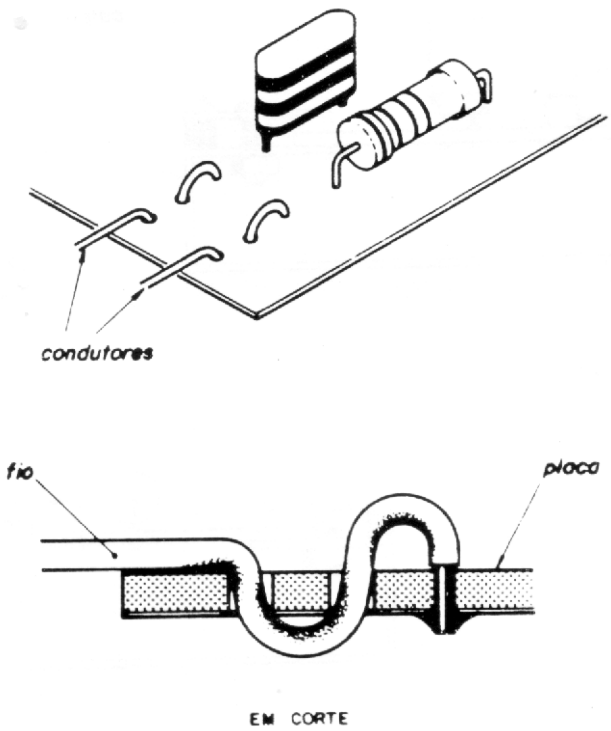
Observação

Quando os pontos de fixação forem distantes e a placa de circuito impresso estiver sujeito a vibrações e esforços deve-se utilizar placas de fibra de vidro.

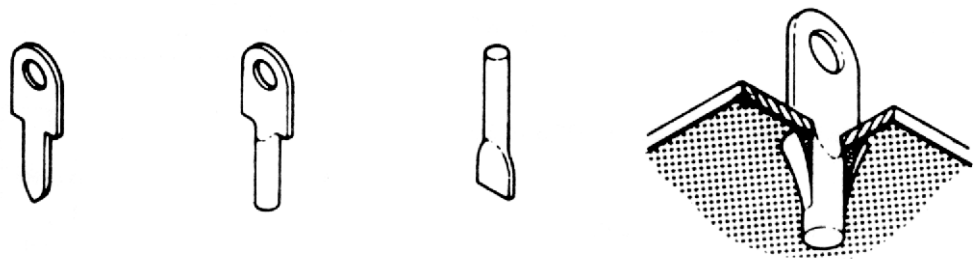
- Interligação da Placa: Ao executar o projeto da placa deve-se levar em consideração a forma como serão realizadas as conexões dos condutores de ligação para o circuito.

Os sistemas mais usuais de interligação da placa de circuito impresso com o restante do circuito são:

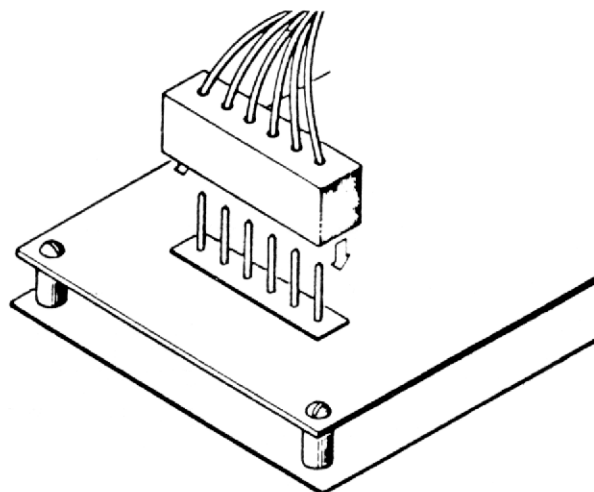
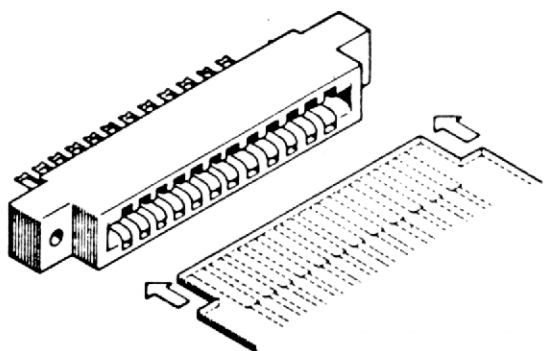
- Através de fios.



- Através de terminais para circuito impresso.



- Através de conectores.



Observação

A utilização destes sistemas implica na colocação de todas as entradas e saídas da placa em uma só região da placa, normalmente um dos lados.

Execução do projeto

Observados os itens necessários antes da execução, já têm-se pré-estabelecidos:

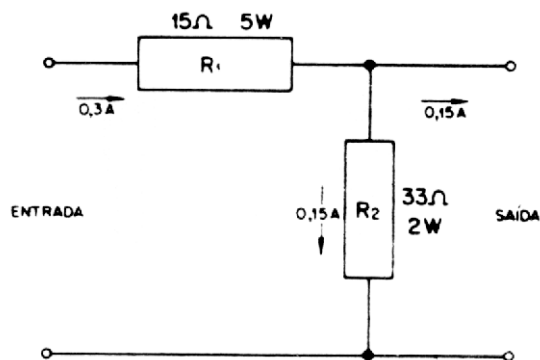
- A largura dos filetes
- A distância entre os filetes
- O sistema de fixação
- O tipo de placa cobreado
- O sistema de conexão

A partir destas informações pode-se executar o projeto da placa d circuito impresso no papel milimetrado.

Tomando como exemplo o divisor de tensão apresentado na figura seguinte:

- Largura dos filetes: 1mm
- Distância entre os filetes: 1mm no mínimo
- Sistema de fixação: parafusos e espaçadores

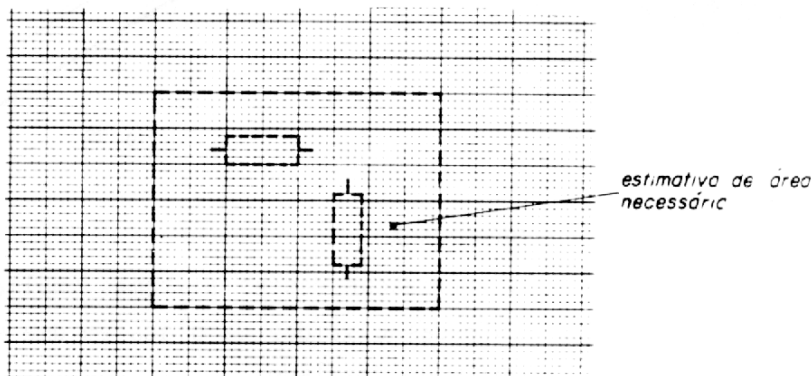
- Tipo de placa: fenolite ou fibra
- Sistema de conexão: terminais para circuito impresso



1º Etapa:

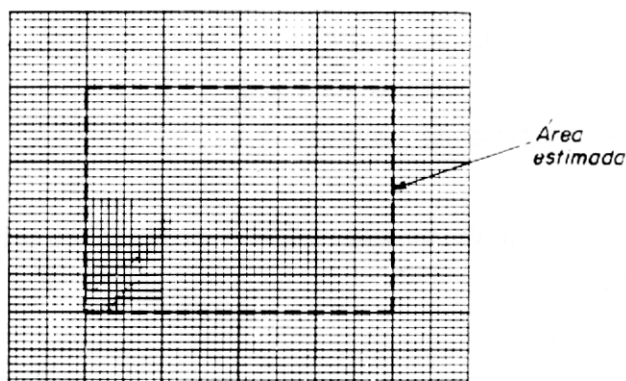
Dispor os componentes sobre o papel milimetrado procurando ocupar o espaço da melhor forma possível.

Este procedimento permite determinar a área aproximada de chapa necessária para execução do circuito impresso.



2º Etapa:

Cortar o papel milimetrado em dimensões maiores que o tamanho estimado.



As bordas do papel milimetrado devem ser cortadas no esquadro, aproveitando as linhas do papel como guia.

.....

.....

.....

.....

.....

3º Etapa:

Cortar um papel transparente com o dobro da área do papel milimetrado.

.....

.....

.....

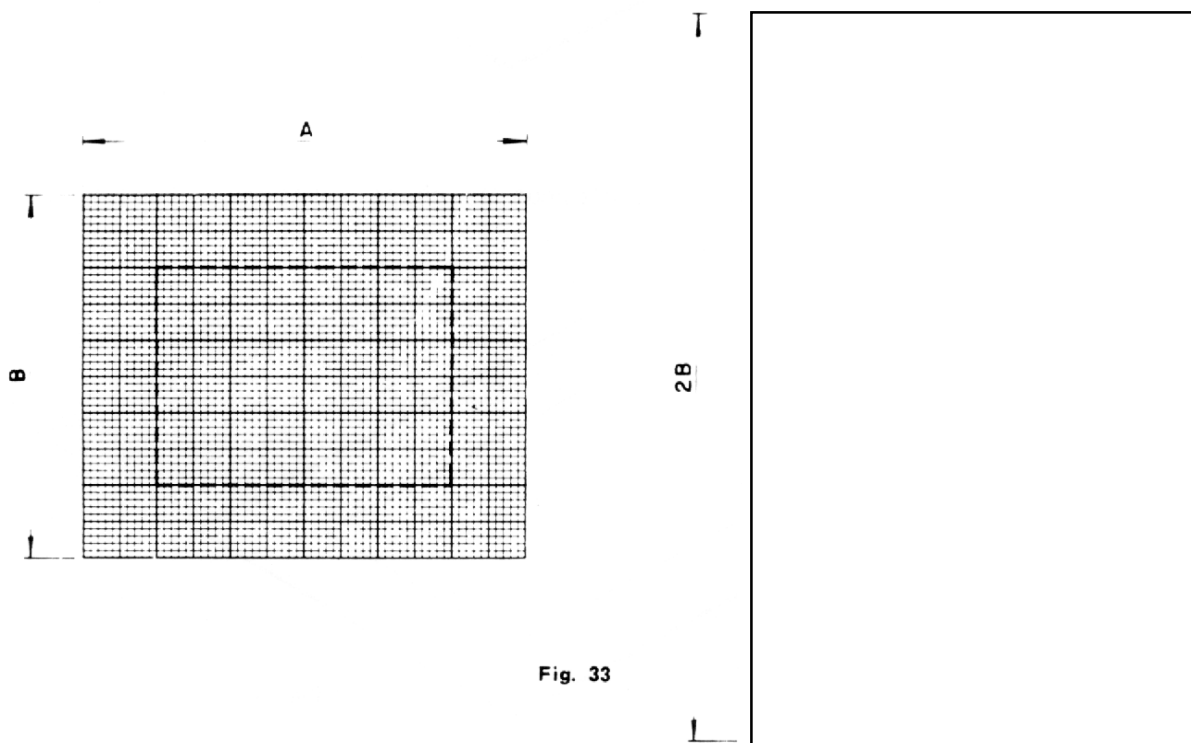


Fig. 33

4º Etapa:

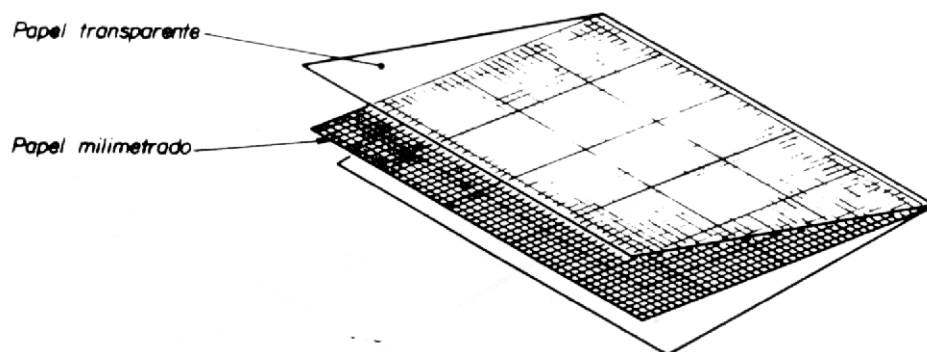
Dobrar o papel transparente no meio (no esquadro) e introduzir o papel milimetrado entre duas faces.

.....

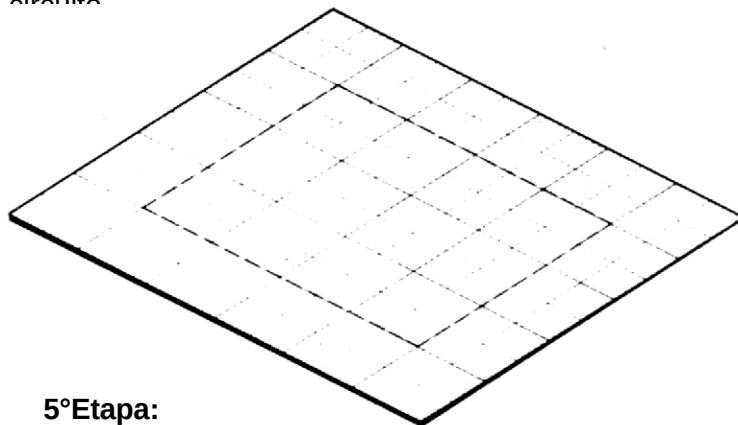
.....

.....

.....

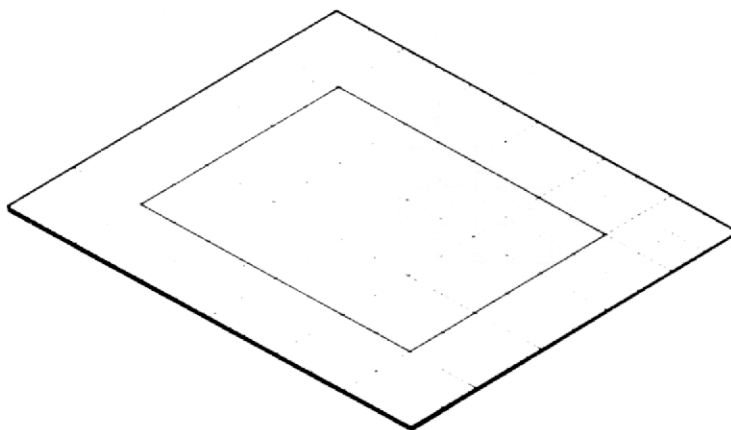


Através da transparência do papel pode-se visualizar as linhas do papel milimetrado que servirão como guia para o traçado do desenho do sistema equipado e da face cobreada do circuito



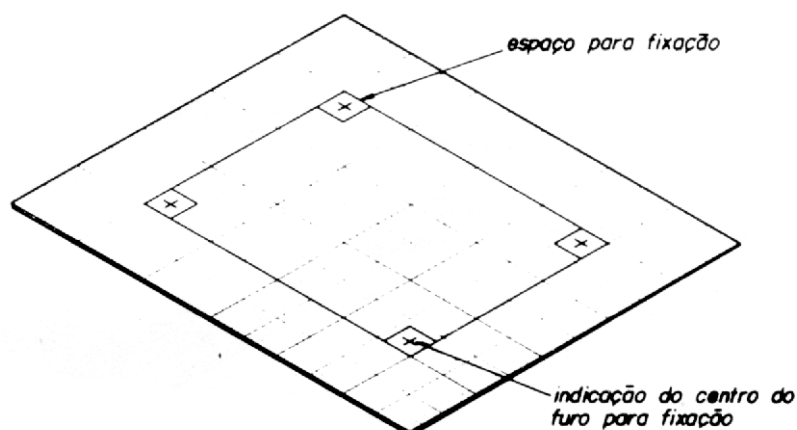
5ª Etapa:

Traçar sobre o papel transparente os contornos da chapa conforme o tamanho estimado, desenhado no milimetrado.

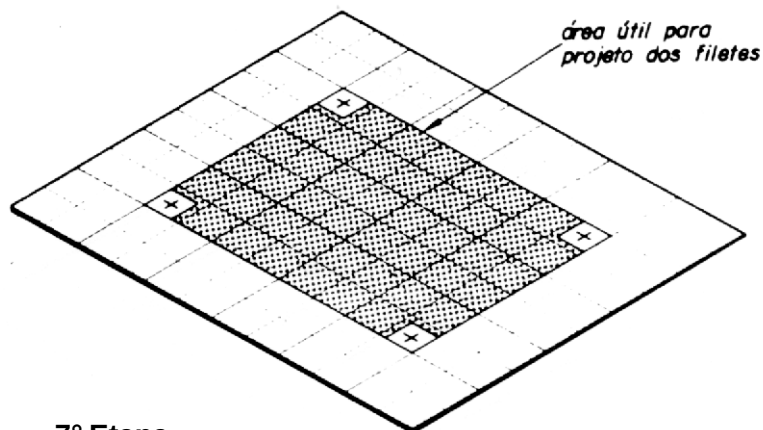


6ª Etapa:

Definir os espaços para a fixação da placa, no desenho sobre o papel transparente, indicando o centro dos furos para fixação.

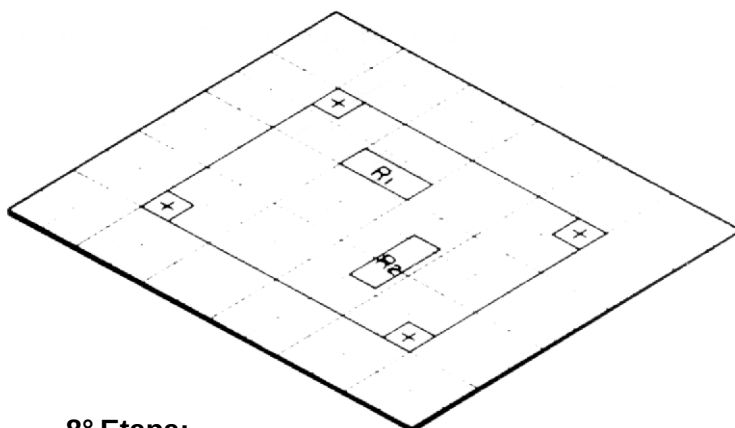


Definida a área de chapa e os espaços para fixação está determinada a área útil da chapa para o projeto do circuito impresso.



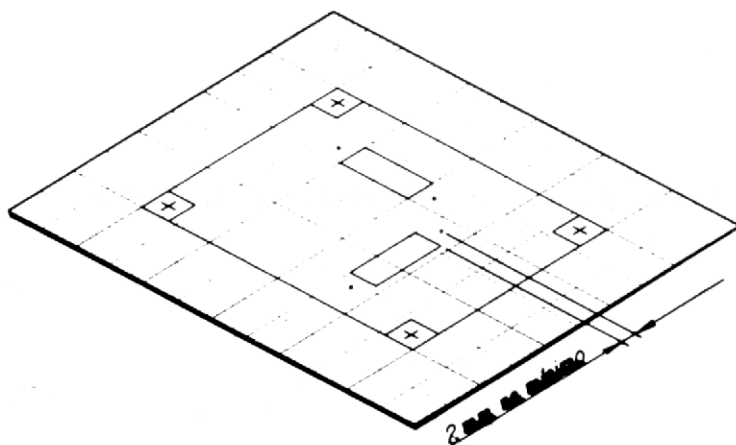
7º Etapa:

Desenhar os componentes sobre o papel transparente, no tamanho real e na posição em que deverão ficar na placa.



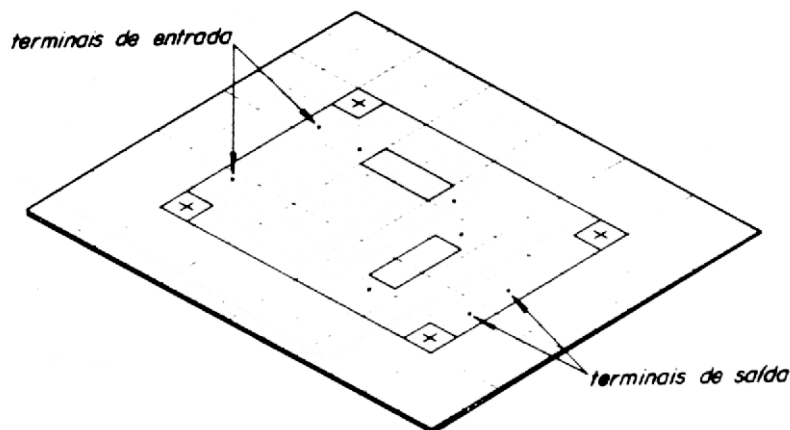
8º Etapa:

Definir a posição dos furos para entrada dos terminais dos componentes. Estes furos devem ficar afastados do corpo do componente no mínimo 2mm para que os terminais possam ser dobrados corretamente na montagem.

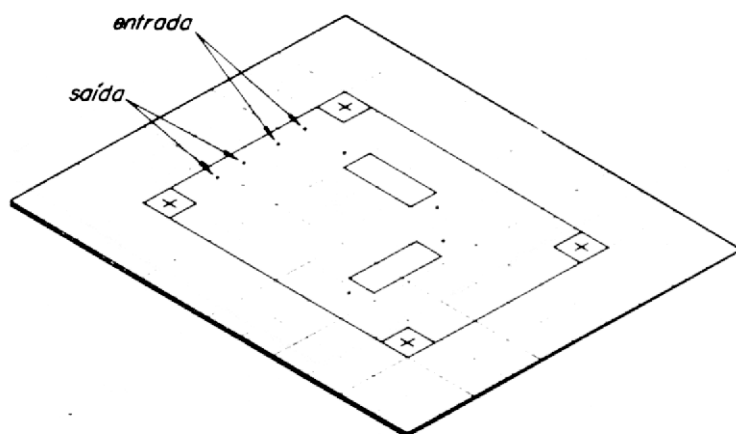


9º Etapa:

Definir a posição dos terminais de entrada e saída para interligação da placa de circuito impresso.



A posição dos terminais depende do sistema de interligação adotado. Quando o sistema de conexão for por conectores todas as saídas e entradas deverão ser posicionadas em um dos lados da placa (por exemplo conforme a figura abaixo).



Concluídas as etapas anteriores o projeto da placa vista pelo lado dos componentes (sistema equipado) estará concluída.

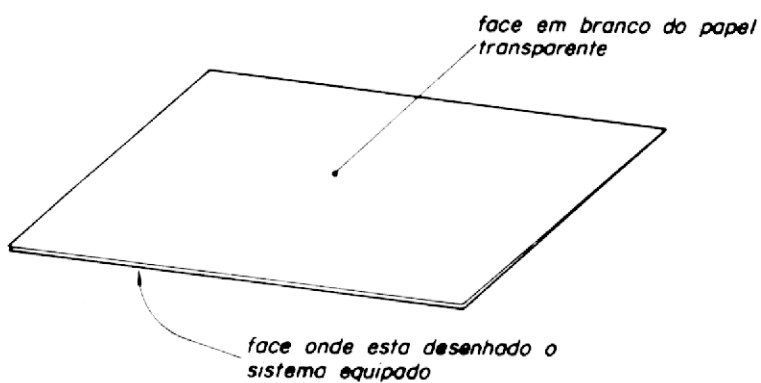
Passa-se então ao projeto da face cobreada (chapeado) do circuito impresso.

10º Etapa::

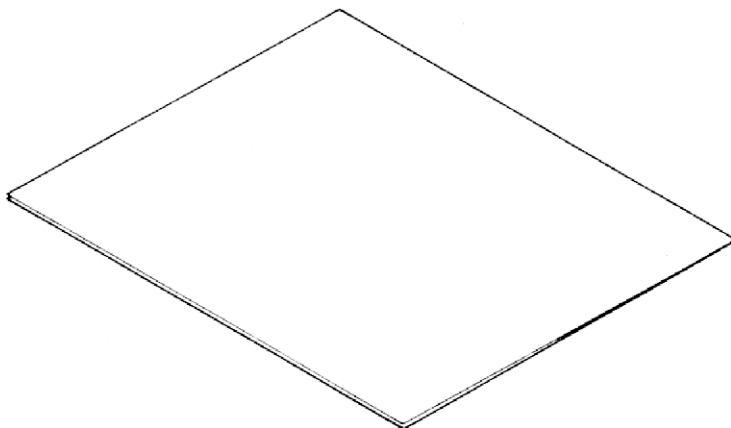
Retirar o papel milimetrado do meio do papel transparente.

11º Etapa :

Virar o papel transparente, dobrado, com a faixa desenhada para baixo.

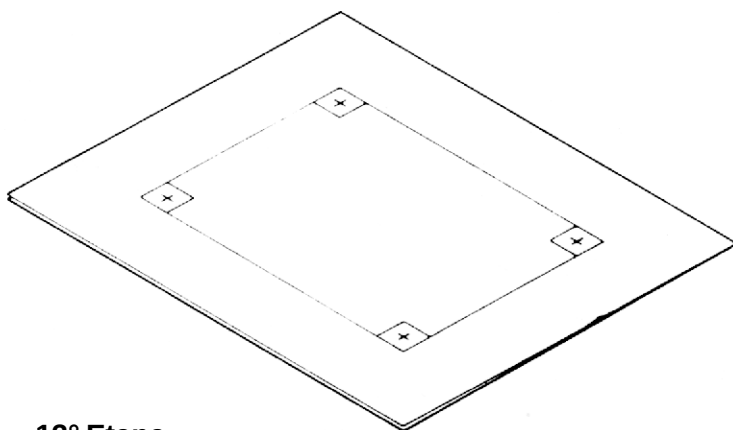


Pela transparência do papel é possível visualizar levemente o desenho do sistema equipado.



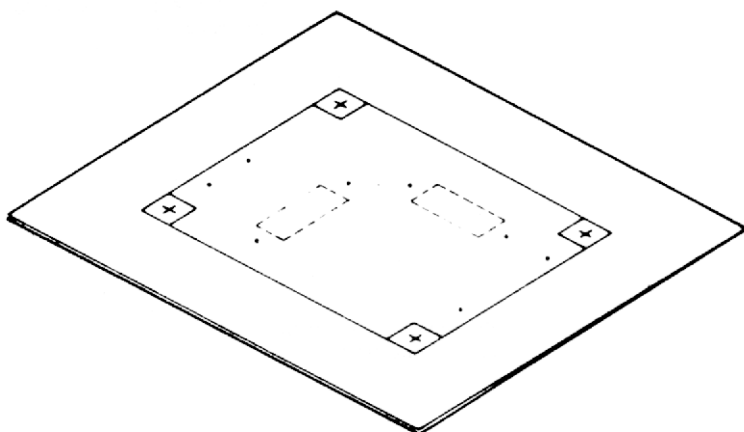
12º Etapa:

Traçar na face em branco do papel transparente, os contornos da chapa de impresso, as áreas de fixação e o centro para os furos de fixação, utilizando a transparência do papel (figura abaixo).



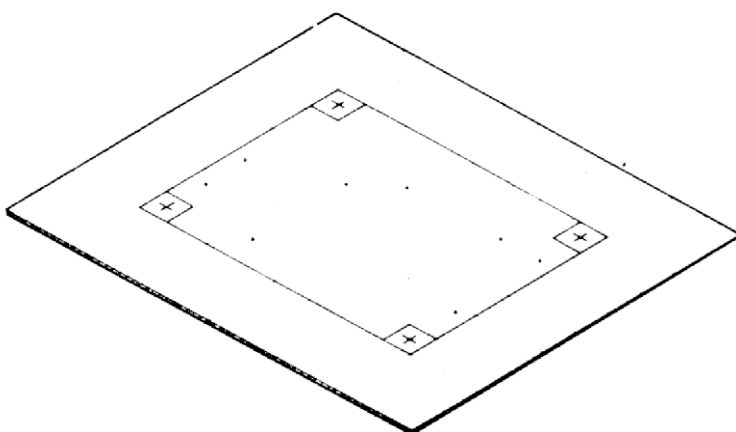
13º Etapa:

Marcar a posição dos terminais de entrada e saída do circuito e a posição dos terminais dos componentes.



14º Etapa:

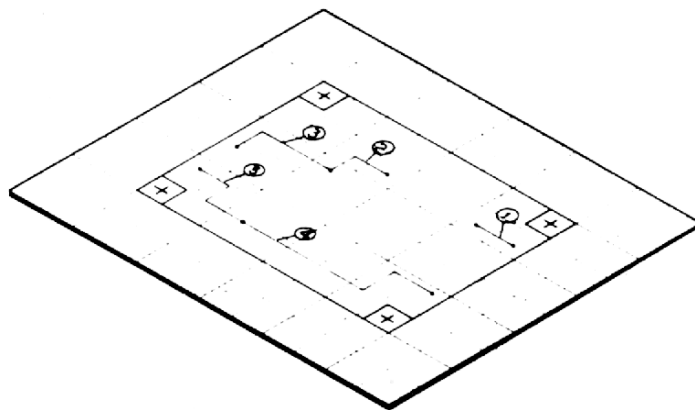
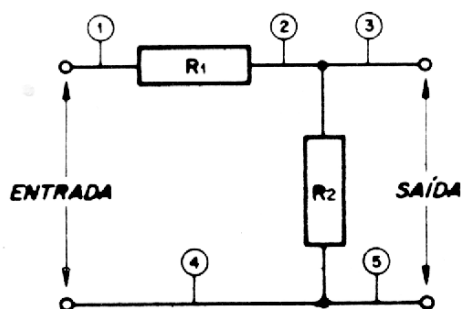
Colocar o papel milimetrado no interior do papel transparente.



15º Etapa:

Estabelecer, com traços leves a interligação entre os componentes sobre o papel transparente, usando como guia as linhas do papel milimetrado.

Se for necessário, pode-se numerar as ligações no esquema e no desenho para facilitar a identificação.

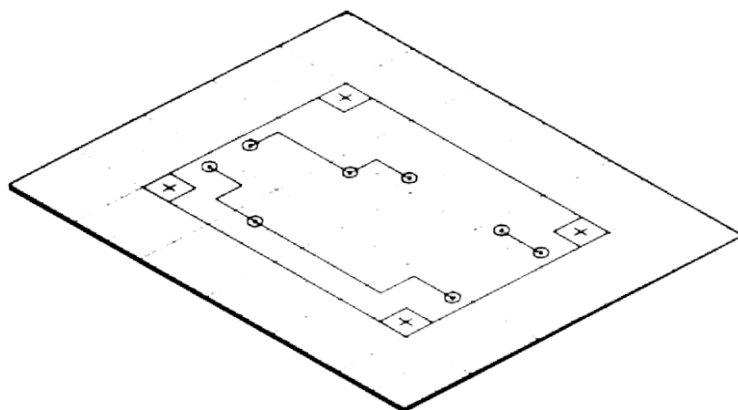


As interligações entre os componentes devem ser sempre paralelas as bordas. **Se isso não for possível** pode-se utilizar ligações inclinadas a **45º**.

No exemplo do divisor todas as ligações entre os componentes podem ser feitas por linhas paralelas às bordas.

16º Etapa:

Desenhar levemente um círculo (denominado de ilha) envolvendo os pontos onde serão soldados os terminais dos componentes e os terminais de entrada e saída.



Os círculos podem ser desenhados usando-se um gabarito.

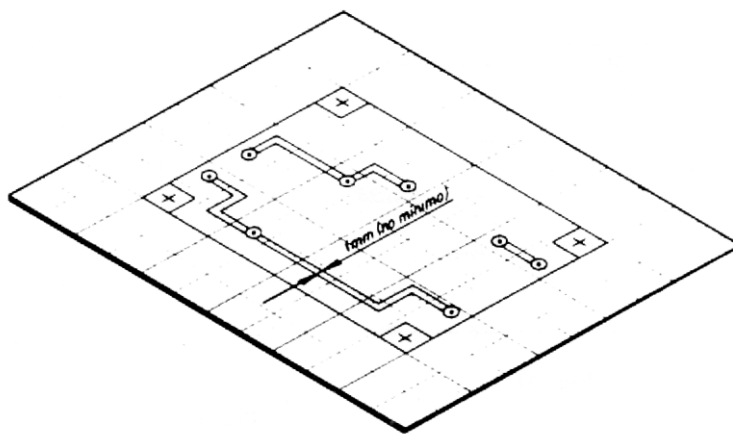
O alargamento das áreas ao redor dos furos permite a obtenção de uma superfície maior, para aderência da solda na montagem do circuito.

17º Etapa:

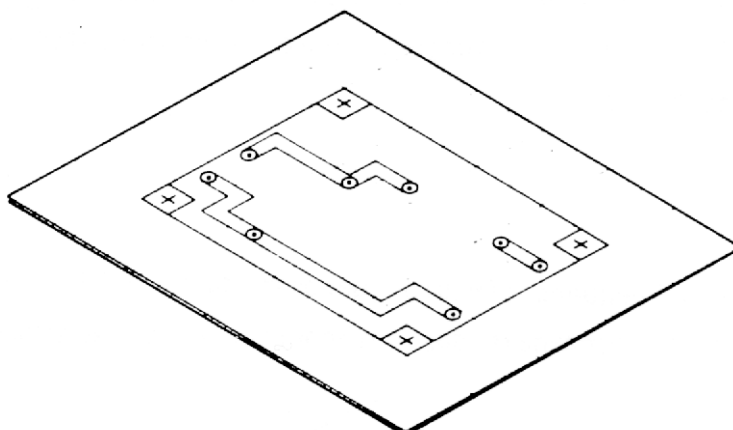
Desenhar levemente as ligações entre os pontos usando como guia os traços leves que determinam as interligações entre os pontos no desenho.

As ligações devem ser feitas com a largura estabelecida em função da corrente do circuito.

No circuito exemplo do divisor, os filetes devem ter 1mm de largura.

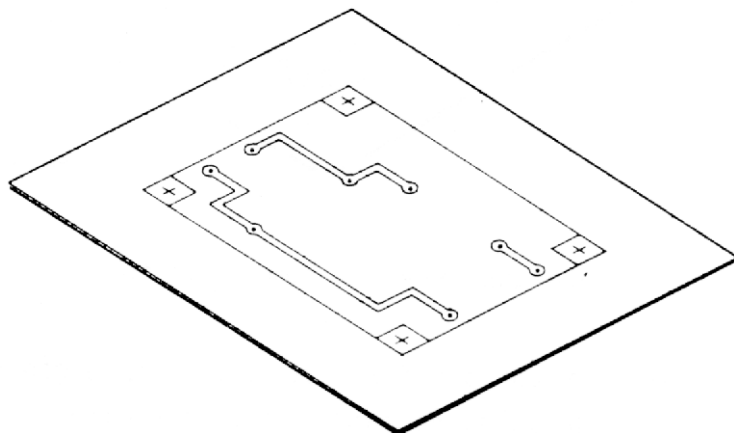


Os filetes podem ser mais largos que 1mm, porém não mais estreitos, no exemplo do divisor.



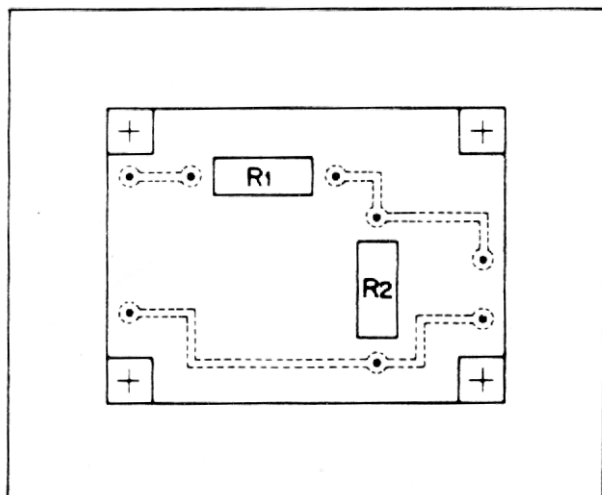
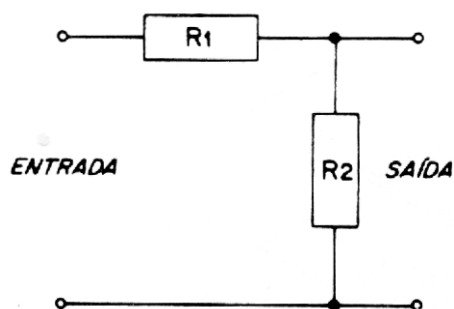
18º Etapa:

Reforçar os contornos dos filetes e círculos.



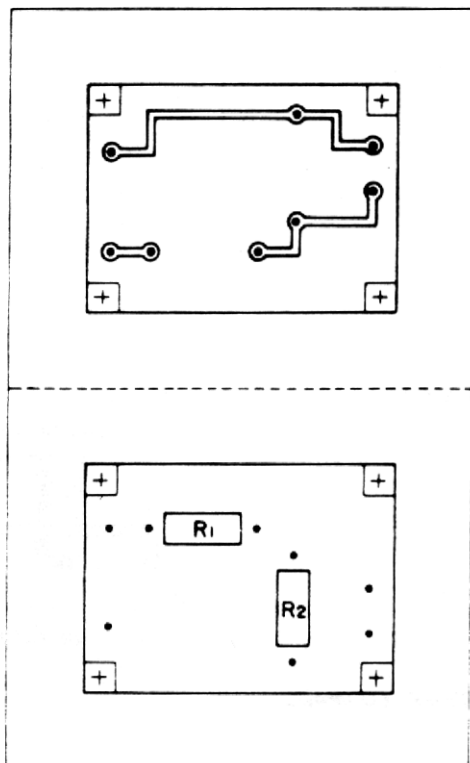
Retirando-se o papel milimetrado e observando-se o papel transparente dobrado, são visíveis ao mesmo tempo o chapeado e o sistema equipado.

Observando-se o desenho pelo lado do sistema equipado, é possível conferir facilmente o projeto.



Abrindo-se o papel transparente estão configurados:

- O chapeado
- O sistema equipado



CHAPEADO

SISTEMA EQUIPADO

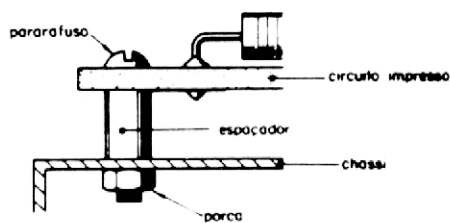
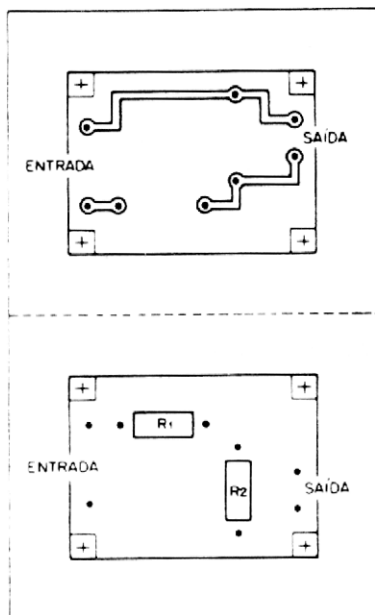
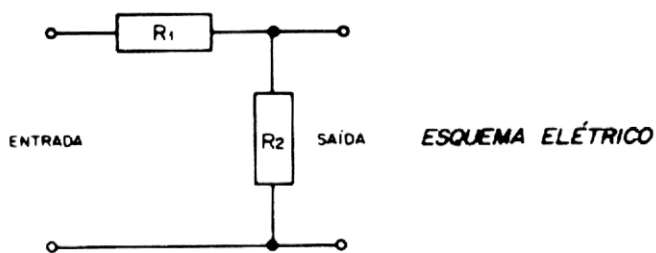
Complementação do projeto

Além do esquema elétrico e dos desenhos do chapeado e sistema equipado, fazem parte do projeto final:

- detalhes de fixação
- lista de materiais (completa)
- informações técnicas que auxiliam na montagem, ligação ou reparação do circuito.

A página seguinte apresenta o projeto final completo do circuito impresso para o divisor de tensão.

Projeto de circuito impresso para divisor de tensão



DETALHE DE FIXAÇÃO

Lista de materiais

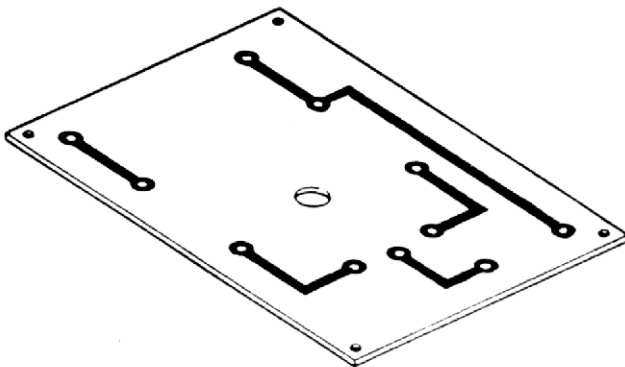
Informações técnicas

R_1 – resistor $15\Omega \times 5W$ – 1
 R_2 – resistor $33\Omega \times 2W$ – 1
 terminais para circuito impresso – 4
 parafusos de latão $1/8" \times 1/2"$ – 4
 porcas de latão sextavadas $1/8"$ – 4
 espaçadores – diâmetro 5mm
 arruelas – comprimento 7mm – 4

entrada – 10V
 saída – 5V – 150mA

Confecção de circuito impresso

A “confecção de circuito impresso” é a realização de um conjunto de procedimentos que resulta em uma placa com tamanho, filetes e furações adequadas a montagem de um circuito eletrônico.



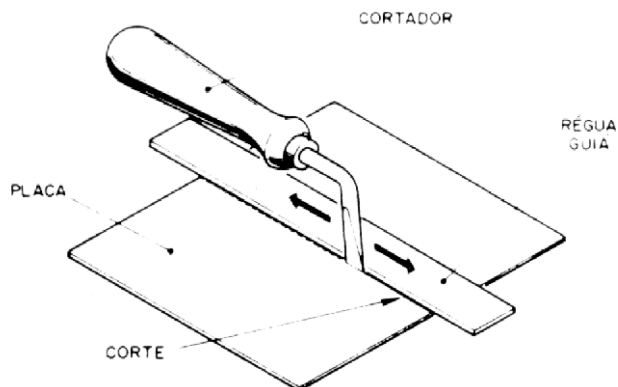
A confecção de uma placa de circuito impresso envolve uma sequência de procedimentos, realizados a partir do projeto pré-elaborado:

- Corte da chapa de fenolite
- Preparação para a pintura
- Pintura
- Corrosão
- Selagem
- Furação

Corte de placa de fenolite

Com o projeto em mãos determina-se o tamanho de placa necessário para a fabricação do circuito impresso.

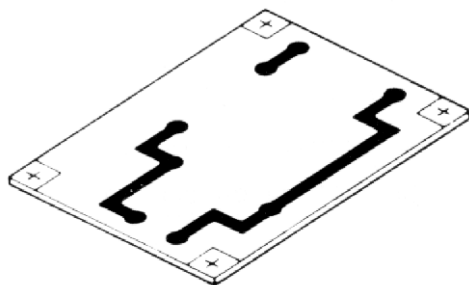
O corte da placa pode ser realizado com um arco de serra, com uma lâmina afiada, com uma guilhotina ou com cortador.



A guilhotina é o melhor equipamento para o corte das placas, mas normalmente só é utilizada industrialmente.

Quando se utiliza a guilhotina deve-se tomar cuidado para evitar ferimentos na sua lâmina.

Após o corte costuma-se fixar levemente as bordas da chapa para dar um melhor acabamento ao trabalho.



Preparação para a pintura

Antes de realizar a pintura a chapa deve sofrer um processo de limpeza ao lado cobreado.

A limpeza tem por finalidade eliminar poeiras, gorduras e óxidos da face cobreada que podem prejudicar a pintura.

A limpeza se divide em duas fases:

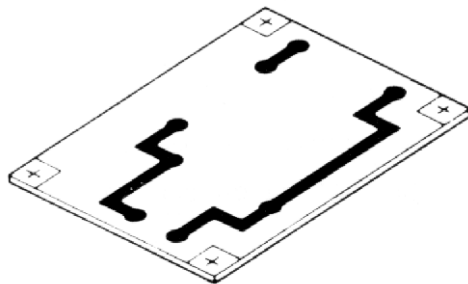
- física – eliminação de óxidos e poeiras.
- química – eliminação de gorduras, aplicando-se um solvente na face cobreada. A limpeza química normalmente é realizada apenas nos processo de fabricação industrial de circuitos impressos.

Observação

Após a limpeza não se deve tocar a placa com os dedos para evitar a deposição de gorduras na placa.

Pintura da placa

A pintura é feita sobre a face cobreada. As regiões de cobre cobertas pela tinta são aquelas onde o cobre deve permanecer na placa. O projeto da placa traz o desenho das regiões de cobre que devem permanecer e das que devem ser retiradas.



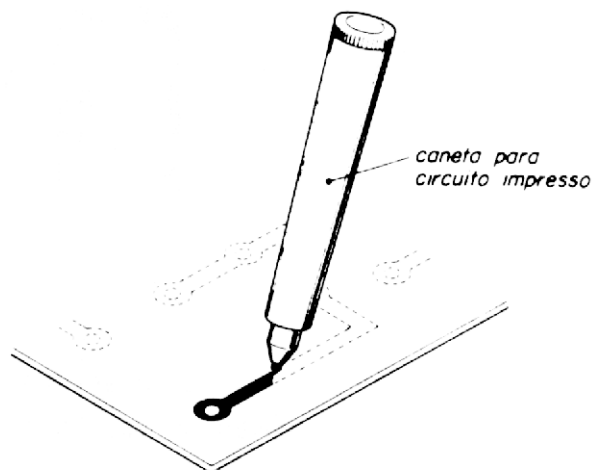
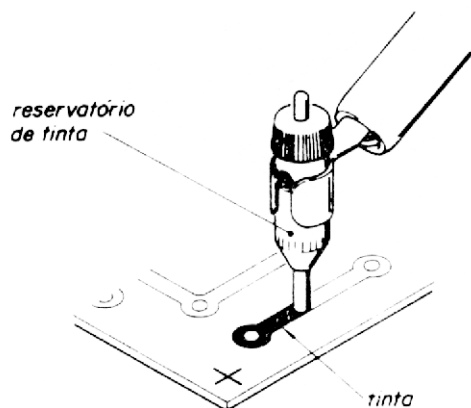
A pintura pode ser realizada de várias formas. Entre elas citam-se:

- processo manual
- foto gravação
- impressão serigráfica (silk-screen)

Pintura por processo manual

A pintura por processo manual é muito utilizada para confecção de um pequeno número de placas de circuito impresso.

Consiste de traçado dos contornos sobre a face cobreada e posterior preenchimento dos espaços com tinta apropriada.



Os processos de silk-screen e fotogravação são utilizados na produção industrial de circuitos impressos.

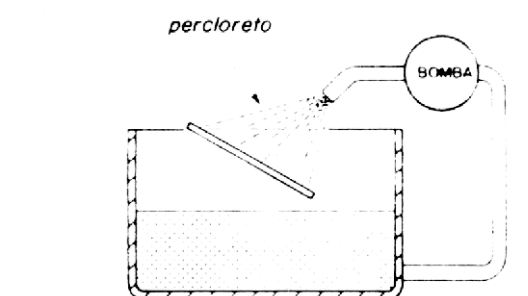
Observação

Antes de prosseguir no processo de fabricação do circuito impresso deve-se aguardar que a tinta esteja bem seca.

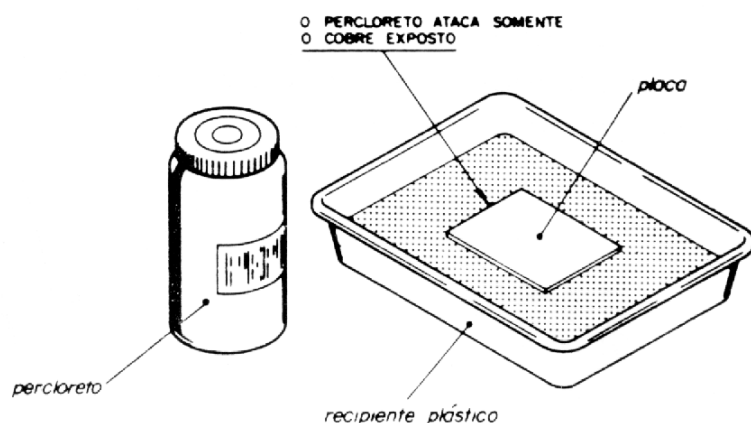
Corrosão da placa

Corrosão é o processo químico que retira da chapa o cobre que não está coberto por tinta.

A corrosão é feita normalmente por um preparado químico denominado PERCLORETO DE FERRO. O percloroeto de ferro é um sal com teor ácido que dissolvido em água realiza a retirada do cobre das regiões desprotegidas da placa. Nos processo industriais o ácido é jogado sobre a face cobreada da placa.



Nos processos de fabricação em pequena escala o percloroeto é colocado em um recipiente de material não metálico. A placa é depositada na superfície da solução, com a face cobreada para baixo.



O percloroeto de ferro não deve ser colocado ou armazenado em recipientes metálicos porque provoca a corrosão do vasilhame, contaminado-se.



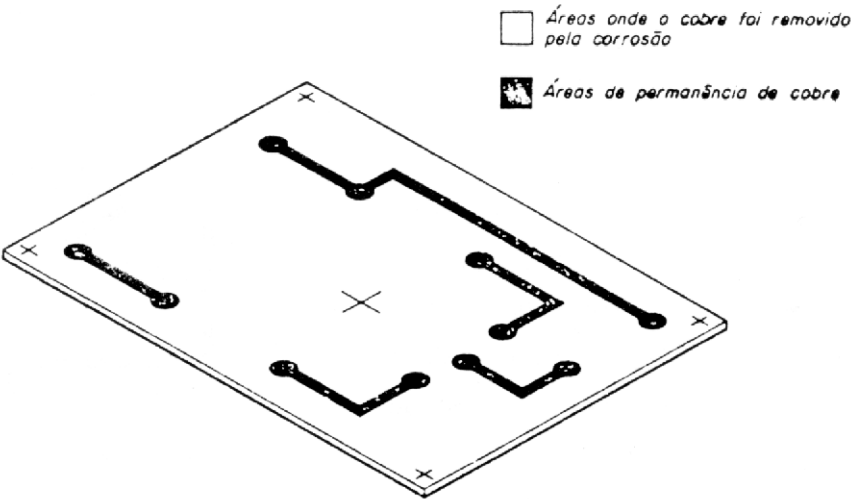
Cuidados com o percloroeto

Embora o percloroeto não seja um preparado com poder corrosivo elevado, deve-se evitar o contato com roupas, metais e **principalmente com a pele e os olhos.**



A corrosão não tem um tempo definido porque depende de concentração do corrosivo e também do seu grau de utilização anterior. Pode-se acelerar o processo de corrosão aquecendo a solução de percloroeto de ferro.

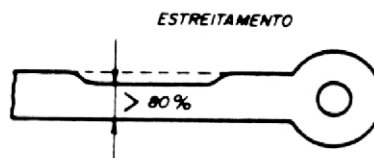
O controle é feito por observação, examinando-se a placa de tempo em tempo que o cobre tenha sido totalmente removido das regiões descobertas. Após, retirar-se a placa da solução e realiza-se uma limpeza com um pano limpo embebido em álcool ou solvente. A figura seguinte apresenta o aspecto de uma placa corroída e limpa.



Devido a imperfeições na pintura da placa, principalmente quando é feita por processo manual, podem acontecer algumas imperfeições nos filetes, após a corrosão. A seguir estão listados os principais defeitos e as tolerâncias admissíveis.

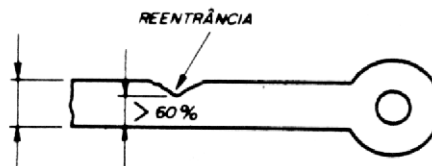
Estreitamento

O filete não pode ter um estreitamento maior que 20% da sua largura final e não pode ocorrer em mais de uma vez no mesmo filete.



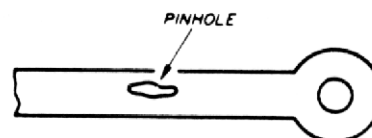
Reentrância

A largura do filete não pode ter reentrância maior que 40% da largura final do filete e não pode ocorrer mais de duas vezes no mesmo filete.



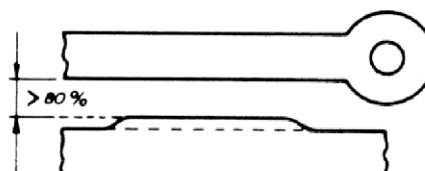
Pinhole

A largura de um pinhole não pode ser maior que 40% da largura final do filete e não pode ocorrer mais de duas vezes no mesmo filete.



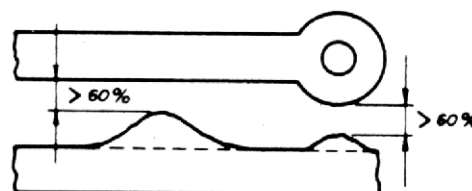
Alongamento do filete

A largura final de um filete não pode ser maior que 20% da largura nominal, não podendo ocorrer mais de uma vez no mesmo filete.



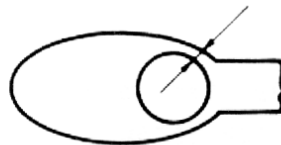
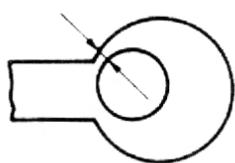
Saliência

O aumento da largura final de um filete, causado por uma saliência não contínua na borda, não pode ser maior que 40% da largura nominal e não pode ocorrer mais de duas vezes no mesmo filete.



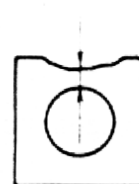
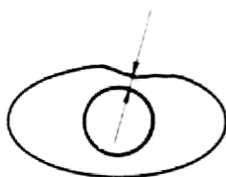
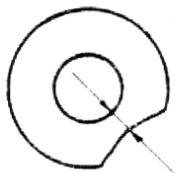
Tolerância de posicionamento dos furos das ilhas

O estreitamento do anel circundante causado por deslocamento do furo pode ser no mínimo maior ou igual a 0,1mm.



Estreitamento das ilhas

A largura do anel circundante não pode ter um estreitamento maior que 30% no valor nominal.



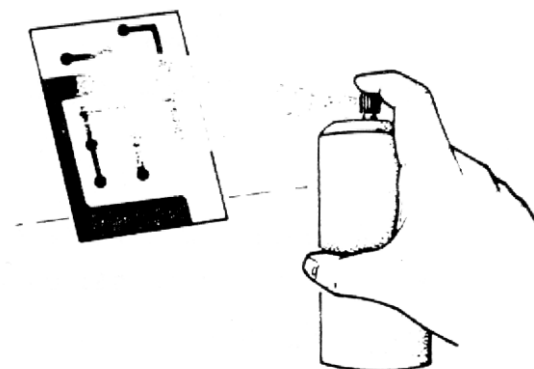
Tolerância na furação

diâmetro final do furo é o diâmetro especificado pelo desenho de furação, com uma tolerância de $\pm 0,1\text{mm}$.

Selagem

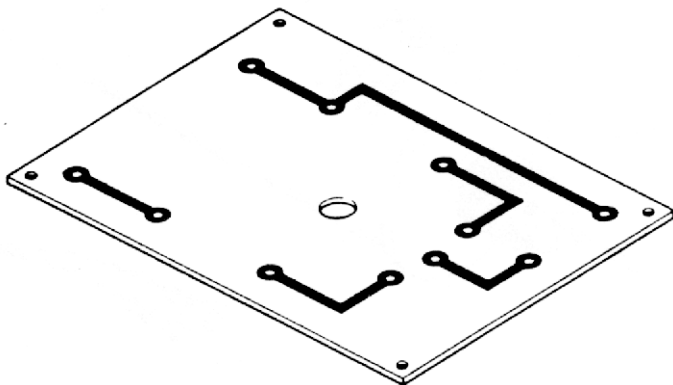
Após a corrosão a face da placa deve ser selada com um produto que evite a oxidação.

Normalmente usa-se um verniz protetor que pode ser goma-laca (dissolvido em álcool) ou mesmo um verniz em SPRAY contanto que aceite a solda.



Furação

Após a selagem a placa é furada para a colocação dos componentes e também para a fixação.



Furação para terminais de componentes

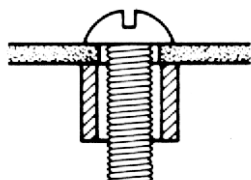
Os furos são realizados com brocas adequadas para cada tipo de componente. A tabela abaixo apresenta alguns componentes e as brocas utilizadas para os furos de passagem dos seus terminais.

COMPONENTE	DIÂMETRO DA BROCA
RESISTORES (até 5W)	1,0mm
CAPACITORES	1,0mm
TRIMPOTS	1,5mm
CONDUTORES (22 AWG)	1,0mm

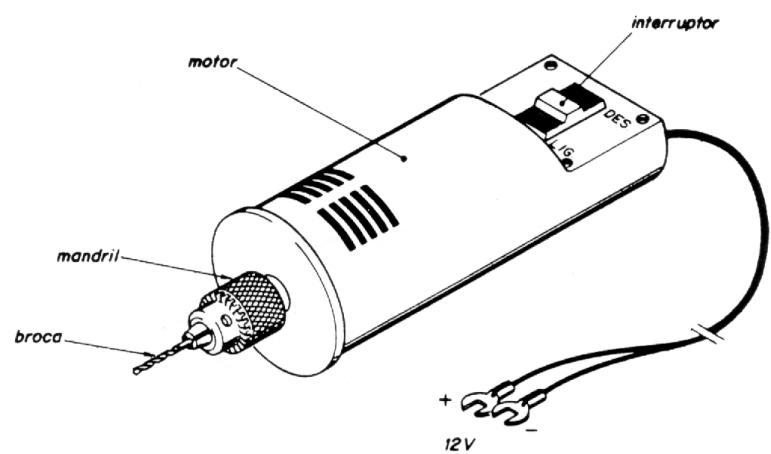
Furos para fixação

Devem ser realizados com dimensões compatíveis com o elemento de fixação utilizado.

Nos casos de fixação por parafuso e espaçador o furo deve ser pouco maior que o diâmetro externo da rosca (furo passante), não permitindo porém a passagem da cabeça (figura abaixo).



A furação também pode ser feita utilizando os furadores de circuito impresso.



Processo fotográfico

O processo fotográfico para a confecção de placas de circuito impresso é recomendado para situações em que há necessidade de se fazer várias placas, pois é um processo excessivamente trabalhoso e caro, e deve ser usado por pessoas experientes.

A elaboração do desenho do circuito impresso para esse método é feita de modo idêntico ao desenho para o processo manual, com a exceção de que o desenho final deverá ser feito em papel vegetal (ou similar), com tinta nanquim.

Caso seja necessário obter perfeição maior nos formatos dos filetes e ilhas, em vez de se fazer o desenho em escala natural, amplia-se para proporções de 3 : 1 ou 4 : 1, por exemplo. Assim o desenho final terá dimensões 3 ou 4 vezes maior que o original.

Em seguida esse desenho é então fotografado e se houver ampliação, o negativo deve ser reduzido ao tamanho natural. Devido à redução, as pequenas falhas existentes nos filetes e ilhas quando desenhadas no papel vegetal, desaparecem. Com esta técnica, consegue-se detalhes tão pequenos e filetes tão finos, que seriam impossíveis de serem desenhados em tamanho natural.

Sensibilidade da placa

Estando a placa cortada e limpa, pulveriza-se o cobre com verniz fotossensível também conhecido como emulsão, em lojas que trabalhem com material fotográfico para laboratórios. Preferencialmente, esta etapa deve ser feita em ambiente ligeiramente escurecido.

Depois que o verniz estiver seco, coloca-se sobre o mesmo o negativo do desenho do circuito impresso. Prende-se bem o negativo para que o contato com a placa seja uniforme. Em seguida expõe-se o conjunto à luz ultra-violeta. Com uma distância de aproximadamente 30 cm entre o desenho e a lâmpada, o tempo de exposição é de aproximadamente 2 minutos.

Feita a sensibilização, olhando-se a placa a um ângulo de 30°, pode-se ver o diagrama de circuito impresso sobre o verniz. Coloca-se a placa sensibilizada no revelador, – também encontrado em lojas de material fotográfico – por um tempo de aproximadamente 4 minutos.

Depois, tira-se a placa do revelador e seca-se, mergulhando-a em seguida num banho bem fraco de perclorato de ferro por 15 segundos aproximadamente. Esse rápido banho permite salientarmos o desenho do circuito impresso sem estragarmos o cobre que será posteriormente corroído, que poderá eventualmente ser usado em caso de erro. Com o aparecimento dos contornos do circuito impresso, esta deverá ser conferido, para o caso de haver falhas.

Durante a revelação da placa não a leve e nem a toque com os dedos. Estando tudo correto, a placa está pronta para a corrosão, e a parte corroída será a que não apanhou luz.

Pode-se notar claramente que para utilizar este processo deve-se possuir todo o material e equipamento fotográfico, que tem um custo altíssimo. Este é um processo muito caro, porém, possui a vantagem de produzir perfeitos desenhos de placa de circuito impresso

Silk-screen

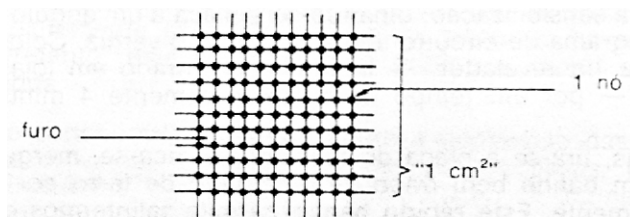
Este processo, de certo modo, abrange os dois processos anteriores. Consiste em preparar uma tela de nylon com o desenho do circuito impresso sobre a mesma.

Com o auxílio de um pequeno rodo, faz-se passar a tinta aos filetes do desenho correspondentes aos filetes e ilhas, obtendo assim, o desenho sobre a placa de cobre.

O processo do silk-screen é usado em indústrias que produzem grandes quantidades de circuito impresso. Consegue-se, com facilidade, pintar até 200 placas em apenas uma hora.

Tela

A tela é um tecido feito especialmente para silk-screen, e pode ser de seda ou nylon. Para cada tipo de desenho existe uma tela apropriada. Se no diagrama tivermos somente traços grossos, usamos uma tela de número menor, como por exemplo, 60, 70 e 80. Quanto mais finos forem os traços, maior deverá ser o número da tela, como por exemplo, 100, 120 ou 130. Estes números indicam a quantidade de nós existentes em 1cm^2 , o número de cruzamentos dos fios do tecido. Veja a figura a seguir.

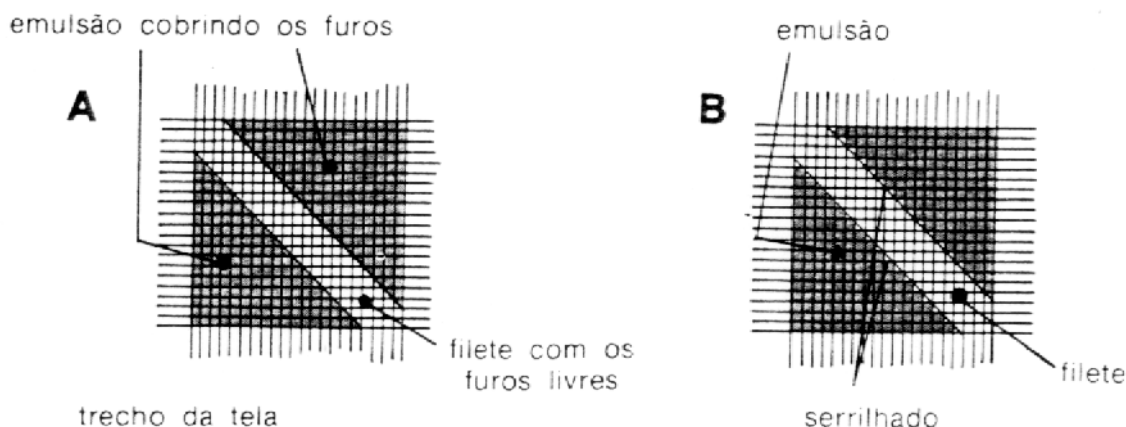


O número de nós indica a porosidade da tela

Observe que, quanto maior o número de nós, menor é o tamanho dos furos de tela.

Assim, se usarmos um traço fino em tela de número pequeno, o resultado é que esse traço sai serrilhado, isso

ocorre porque a emulsão veda os furos da tela, exceto onde há os filetes do circuito impresso. Porém, na realidade, a emulsão não veda meio furo, isto é, se um filete passa apenas pela metade de um furo, o furo inteiro estará livre. Veja a figura abaixo. Em A temos a situação que seria a ideal, mas que não é obtida na prática, e em B o que realmente ocorre.



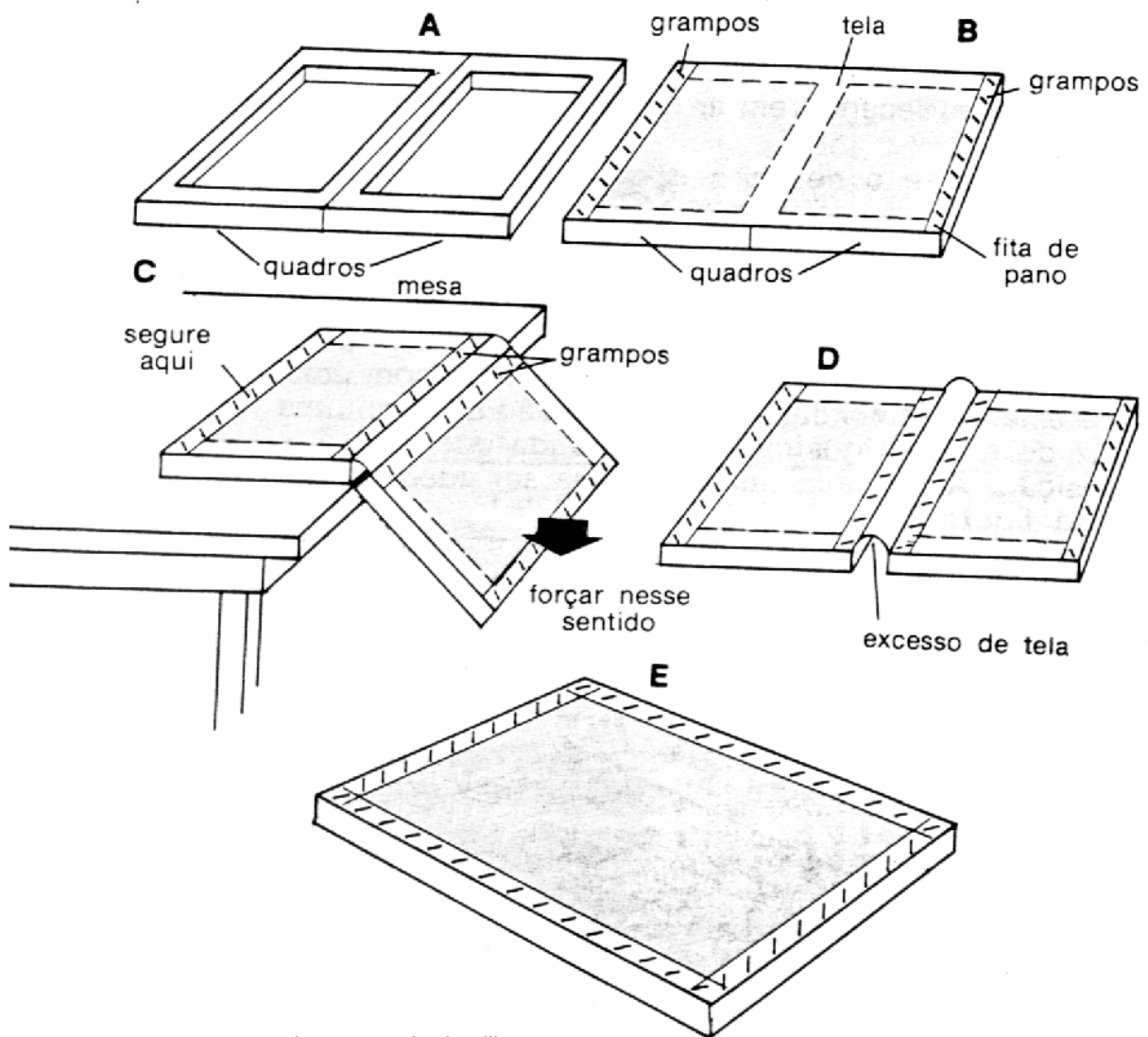
Filete ideal (A) e filete real (B)

Quanto maiores forem os furos e mais finos os filetes, mais os serrilhados se acentuam. Por outro lado, quanto menores forem os furos mais difícil se torna trabalhar com a tela, pois esta dificulta a passagem da tinta. Assim sendo, para se obter um circuito impresso, utiliza-se tela com grande número de nós.

No processo de silk-screen, um dos pontos mais importantes é o esticamento da tela. Se não estiver bem esticada, mesmo que o quadro esteja fixo, ao se aplicar a tinta, com o auxílio de um rodo, a tela irá deslocar-se borrando a impressão.

No caso de não se possuir máquinas apropriadas para o esticamento da tela, adota-se o processo manual. Consiste em utilizar dois quadros para tela de silk-screen, as quais devem estar encostadas (figura A). Corta-se um pedaço de tela que cubra os dois quadros e grampeia-se nas extremidades, conforme mostra a figura B. Observe a posição

dos grampos e a fita de pano. Com isto assegura-se que a
 tela não se rasgará nos pontos dos grampos, após o
 esticamento.



Como esticar uma tela de silk-screen

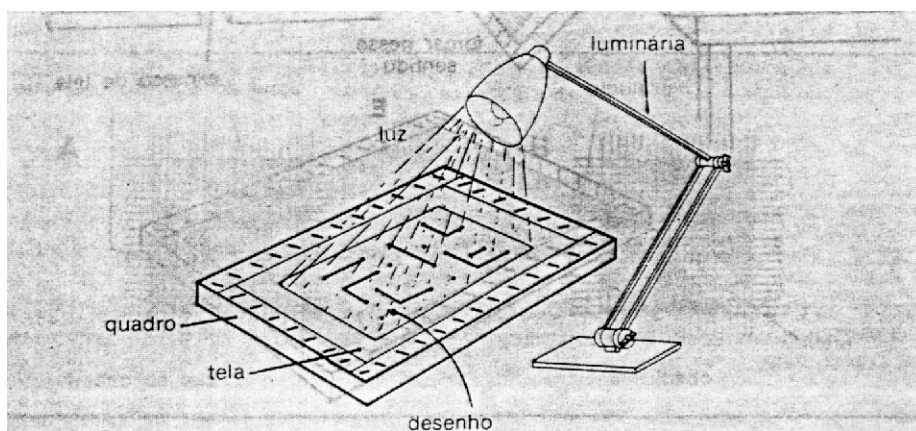
Em seguida, coloca-se um dos quadros na borda de uma
 mesa e força-se o outro para baixo até conseguir um bom
 esticamento, e depois, grampeia-se as duas outras
 extremidades dos quadros. Evidentemente você deve contar
 com a ajuda de outra pessoa ao realizar esta etapa, pois esticar
 a tela e ao mesmo tempo grampear, é como chupar cana e
 assobiar ao mesmo tempo, isto é, não dá! Veja a figura 15C.
 Estando os dois lados grampeados, corta-se a tela (figura D).
 Com as mãos estica-se a tela para um lado e grampeia-se, e
 depois para o outro lado e grampeia-se também (figura E).
 Com isto obtém-se dois quadros com telas bem esticadas.

Emulsão

A emulsão fotossensível obtém-se misturando a emulsão propriamente dita com o sensibilizador. Separadamente, tanto um quanto o outro não são sensíveis à luz, porém, a mistura deve ser feita em câmara escura. O fabricante indica o sensibilizador adequado e a proporção certa. Uma vez misturados, deve-se mexer bem a solução por um minuto pelo menos.

Com um rodo aplica-se uma camada uniforme de emulsão nos dois lados da tela. Secando em ar quente a tela estará pronta para exposição.

Coloca-se o desenho do circuito impresso desenhado em papel vegetal, ou similar, sobre a tela, sendo que o contato entre o desenho e a tela deverá ser uniforme. Olhando-se a tela por cima, a folha deverá se colocada de maneira tal que o desenho seja visto pelo seu lado oposto, isto é, como se estivéssemos vendo o circuito impresso pelo lado dos componentes. Expõe-se o conjunto à luz intensa por algum tempo. Um exemplo típico é um desenho de 20 x 10 cm com uma distância de 30 cm entre este e a lâmpada, e uma exposição de 4 minutos aproximadamente. A luz deve estar igualmente distribuída por toda a tela no momento da exposição. A lâmpada utilizada deve ser adequada para esta finalidade. veja a figura.



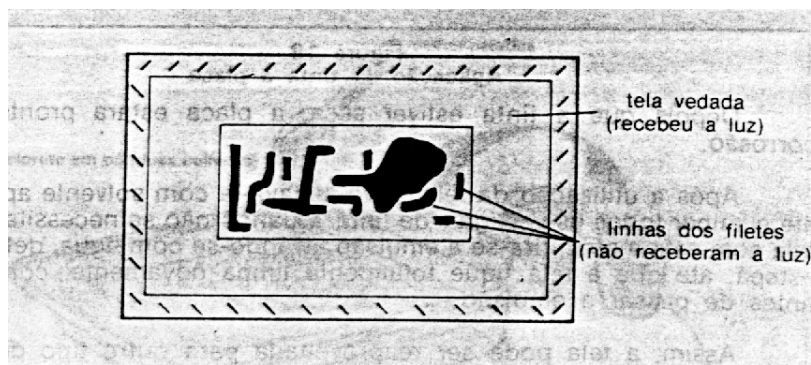
Exposição do conjunto à luz

Se o desenho não estiver em contato uniforme com a tela, haverá sombra dos filetes sobre a mesma, e consequentemente não teremos uma cópia fiel do desenho sobre a tela resultando em filetes deformados.

Revelação

A revelação se faz com água corrente, de preferência morna, molhando-se a tela dos dois lados. Inicialmente o fluxo de água deve ser pouco intenso e aos poucos a intensidade deve ser aumentada. A medida que se vai molhando a tela, mais nítido vai se tornando o circuito nela impresso.

As partes que não forem sensibilizadas pela luz irão sair, deixando abertos os furos de tela, e as partes que receberam a luz permanecerão, tampando os furos da tela (figura abaixo).



Aspecto da tela gravada

Isto ocorre devido a reação entre a luz e a emulsão, pois este muda suas características devido a incidência de luz. O mesmo não ocorre nas áreas protegidas.

Estando a tela seca, a mesma esta pronta para ser usada. A tinta é especial para silk-screen, que não é corroída pelo percloroeto de ferro.

Fixa-se a placa de circuito impresso e fixa-se o quadro com a tela sobre a placa. Deve ser observada uma distância de 2 a 3 mm entre a tela e a placa e receber a tinta. É necessário que a tela esteja encostada na placa somente quando o rodo estiver pressionado, para que o desenho não fique borrado.

A tinta deve ser colocada no rodo de borracha e passa pela tela de maneira firme e uniforme. A posição do rodo deve ser inclinada a uns 45°.

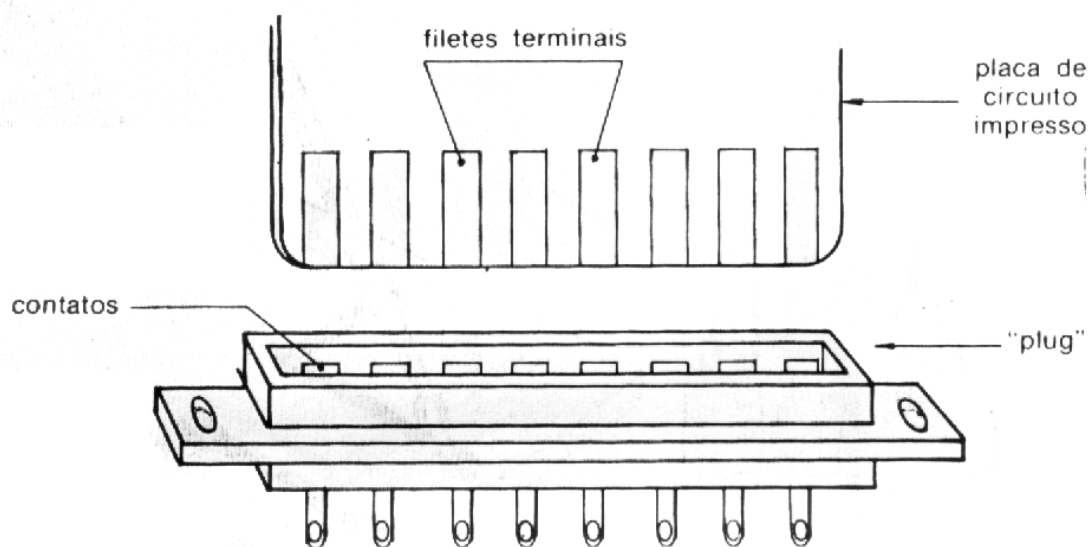
A face da tela onde a tinta vai ser aplicada é oposta àquela onde inclui a luz, como vimos na figura (especificar página). Com isto estaremos invertendo o processo.

Recomendações especiais

Em determinadas aplicações, onde os circuitos de um dado equipamento estão dispostos em módulos, como é o caso de computadores, as conexões de fio são feitas geralmente através de “plugs”, que facilitam enormemente a manutenção das placas do circuito impresso. Veja a figura a seguir.

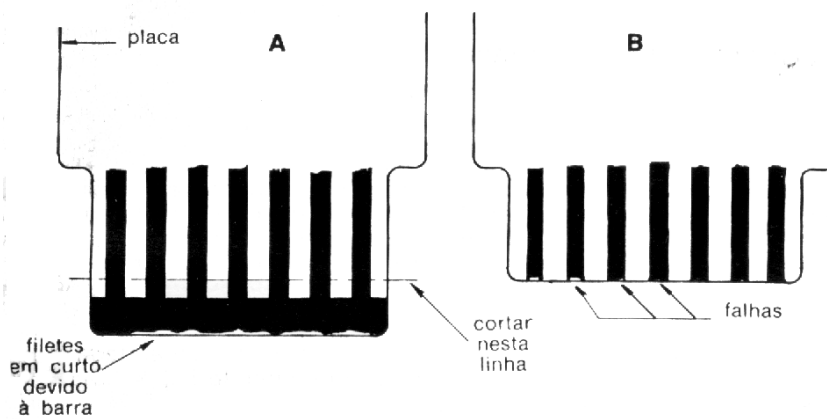
Neste tipo de circuito impresso todas as conexões de entrada e saída são “puxadas” para um dos lados da placa de circuito impresso, e à este lado é que vai conectado ao “plug”.

No desenho dos filetes terminais, deve-se seguir rigorosamente as dimensões dos “plugs”, pois qualquer erro na largura dos filetes, ou na distância entre estes, implicará na perda do trabalho realizado.



Circuito impresso modular

Ao desenhar esse tipo de circuito impresso, deve-se por todos os filetes terminais em curto através de uma barra, que também é um filete, conforme mostra a figura A. Isto deve ser feito porque o processo de corrosão inicia-se pelas bordas da placa, e mesmo que os filetes estejam protegidos pela tinta, o percloroeto infiltra-se pela borda e corroe uma parte dos filetes (figura B).



A barra de cobre que fica na extremidade da placa (A), evita o aparecimento de corrosão

Tendo a barra na extremidade da placa as infiltrações não atingirão os filetes, e sim, a própria barra (figura A). Posteriormente, esta parte deve ser cortada, resultando em terminais perfeitos.

Antes da placa ser efetivamente utilizada, os filetes terminais devem receber um tratamento adequado, para assegurar uma durabilidade maior nos contatos com o “plug”. Este tratamento nada mais é que um revestimento com níquel e ouro, que devem ser aplicados por meios químicos. Evidentemente isso só deve ser feito em aplicações que exijam tal procedimento, devido ao alto custo do mesmo.

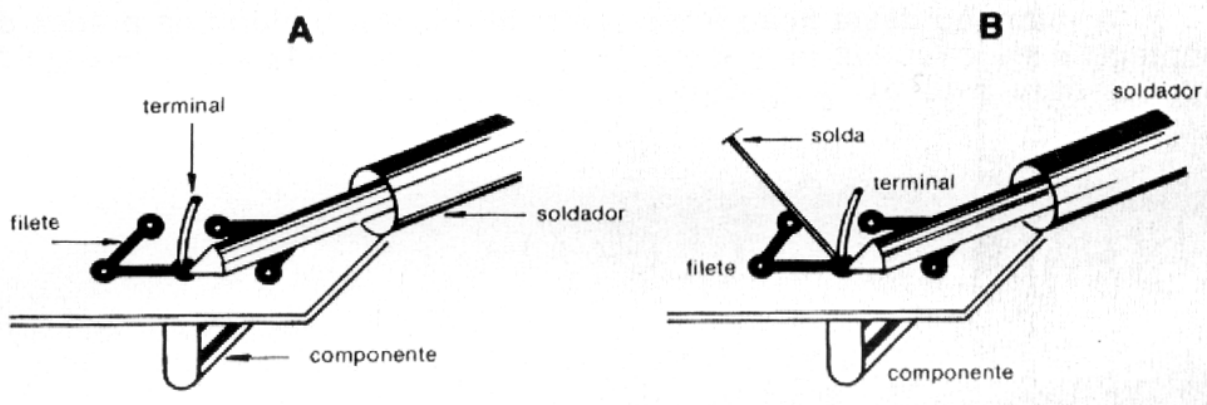
Soldagem

Para realizar a montagem de componentes na placa de circuito impresso deve-se observar a seqüência de operações que fornecemos a seguir:

- 1) Coloca-se os terminais dos componentes nos furos correspondentes do circuito impresso.

2) Aquece-se ao mesmo tempo o filete, ou a ilha, e o terminal do componente por dois segundos no máximo (figura A).

3) Coloca-se solda em quantidade suficiente tanto no terminal como no filete (figura B). O tempo total do aquecimento das partes não deve exceder 3 segundos. Para que essa operação seja rápida, tanto o filete como o terminal deverão estar livres de gorduras e óxidos.



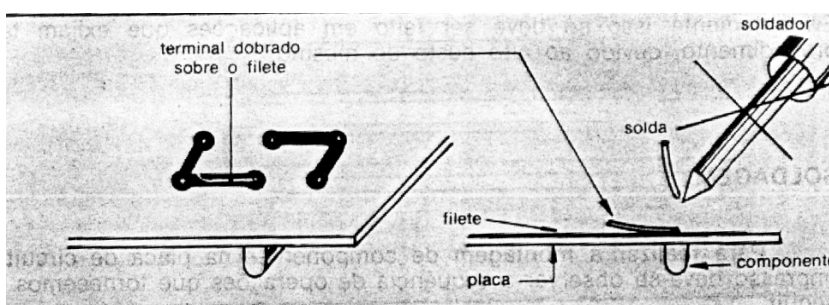
Aquecendo o terminal e a ilha (A) e aplicando a solda (B)

4) Quando a solda estiver bem derretida tira-se o soldador e espera-se à solda esfriar.

5) Corta-se o terminal rente à solda.

6) A solda é firme e proporciona bom contato quando for “corrida” e brilhante. Se for opaca, com aspecto farinhoso, a solda é fria, e a operação de soldagem deve ser repetida.

7) Jamais sobre os terminais dos componentes sobre os filetes antes de soldar, pois isso dificulta enormemente a substituição do componente no caso eventual manutenção (figura abaixo).



Jamais faça isso

.....

.....

.....

.....

.....

[illegible]

IDENTIFICAÇÃO DE TERMINAIS E TESTE DE DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES

Os multímetros analógicos e digitais, nas escalas de Ohms, podem ser utilizados para identificação de terminais e teste de vários dispositivos semicondutores.

As identificações e testes devem ser realizados levando-se em conta as características peculiares do instrumento a ser utilizado, como:

- a) Alguns multímetros (analógicos e digitais) têm circuitos internos específicos para testes de diodo e transistores. Neste caso, devem seguiu as instruções de seus manuais.
- b) Geralmente, o multímetro analógico, nas escalas de Ohm, apresenta seus terminais com polaridades invertidas, ou seja, o terminal identificado como positivo (vermelho), passa a ser negativo, e o terminal identificado como negativo ou comum (preto), passa a ser positivo.
- c) Os semicondutores mais sensíveis devem ser testados com cuidado, levando-se em conta seus limites de corrente e tensão recomendados pelos fabricantes, uma vez que na escala mais baixa de Ohm, alguns multímetros analógicos poderão impor correntes maiores que 100 mA.

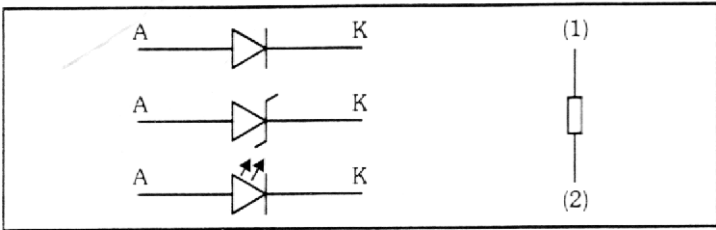
Atenção

Como cada dispositivo é fabricado com uma gama enorme de parâmetros, as regras contidas neste apêndice não devem ser consideradas rígidas, mas apenas uma referência para identificação de terminais e teste dos dispositivos considerados. No caso de identificação de terminais, presume-se que os dispositivos estejam em bom estado. No caso de identificação de terminais, presume-se que os dispositivos estejam em bom estado. No caso de testes de

dispositivos, presume-se que seus terminais sejam conhecidos. Em ambos os casos, os dispositivos desconectados do circuito elétrico.

Diodo Retificador, Diodo Zener e Led.

Símbolos de referência para medidas



Identificação dos terminais

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$			
Ligação		Medida em Ohm	Identificação
(+) - (1)	(-) - (2)	baixa (*)	1 = A
(-) - (1)	(+) - (2)	∞	2 = K

Teste dos dispositivos

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Ligação			Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (A)	(-) - (K)	baixa (*)	bom
	(+) - (K)	(-) - (A)	∞ (**)	
2ª	(+) - (A)	(-) - (K)	$\cong 0$	em curto
	(+) - (K)	(-) - (A)		
3ª	(+) - (A)	(-) - (K)	∞	em aberto
	(+) - (K)	(-) - (A)		

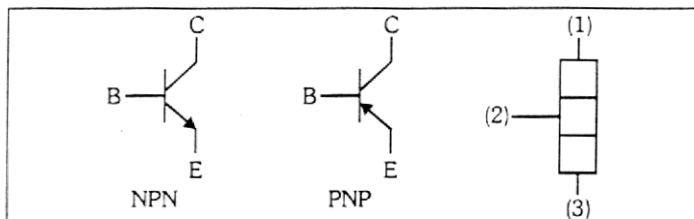
(*) Para o LED, a bateria do multímetro deve ser de, no mínimo, 3V (2 pilhas), fazendo com que ele ascenda (exceto o infra vermelho). Se a bateria for de 1,5V, o teste não é seguro.

(**) Não se aplica para diodos de alta tensão.

(**) Para diodo Zener com $V_z < 5V$, dependendo da tensão da bateria do multímetro, este valor pode ser menor que 100K Ω .

Transistores bipolares NPN e PNP

Símbolos de referências para as medidas



Identificação dos terminais

Transistor NPN				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Identificação
1ª	(+) - (B)	(-) - (C)	baixa	2 = B
		(-) - (E)		
Multímetro na Escala: $\Omega \times 10K$				
2ª	(+) - (1)	(-) - (3)	$\approx 100 \times 10K$	1 = C 3 = E
	(+) - (3)	(-) - (1)	∞	

1º Condição – Identificação da base do transistor

Para identificar a base do transistor, fixar a ponta da prova positiva do multímetro em um dos terminais do transistor. Com a ponta de prova negativa, tocar nos dois outros terminais, para verificar se ambos apresentam resistência baixa. Caso essa condição não se verifique na primeira tentativa, repetir o procedimento, fixando a ponta de prova positiva em outro terminal do transistor.

2º Condição – Identificação do coletor e emissor do transistor

Basta seguir as ligações e medidas indicadas na tabela.

Para a identificação dos terminais de um transistor PNP, as mesmas condições anteriores são válidas, mas tomando-se como referência a ponta de prova negativa do multímetro.

Transistor PNP				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Identificação
1ª	(-) - (B)	(+) - (C)	baixa	2 = B
		(+) - (E)		
Multímetro na Escala: $\Omega \times 10K$				
2ª	(-) - (3)	(+) - (1)	$\cong 100 \times 10K$	3 = C 1 = E
	(-) - (1)	(+) - (3)	∞	

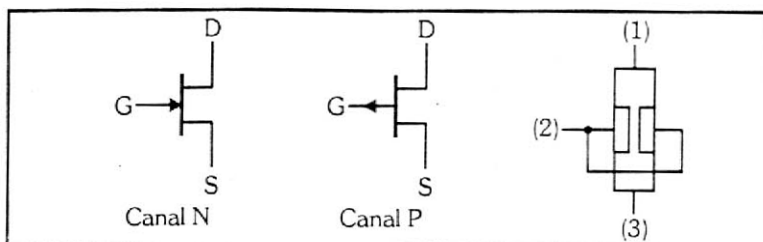
Teste dos dispositivos

Transistor NPN				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (B)	(-) - (C)	baixa	bom
		(-) - (E)		
	(-) - (B)	(+) - (C)	alta	
		(+) - (E)		
2ª	(-) - (B)	(+) - (C)	baixa	ruim
		(+) - (E)		
3ª	(+) - (C)	(-) - (E)	baixa	ruim
	(+) - (E)	(-) - (C)		

Transistor PNP				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(-) - (B)	(+) - (C)	baixa	bom
		(+) - (E)		
	(+) - (B)	(-) - (C)	alta	
		(-) - (E)		
2ª	(+) - (B)	(-) - (C)	baixa	ruim
		(-) - (E)		
3ª	(-) - (C)	(+) - (E)	baixa	ruim
	(-) - (E)	(+) - (C)		

JFET Canal N e P

Símbolos de referência para as medidas



Identificação dos terminais

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Identificação
1ª	(+) - (1)	(-) - (3)	$\approx 200 \Omega$	2 = G
	(-) - (1)	(+) - (3)		
2ª	(+) - (G)	(-) - (D)	baixa	canal N
	(+) - (G)	(-) - (S)		
	(-) - (G)	(+) - (D)	baixa	canal P
	(-) - (G)	(+) - (S)		

Na maioria dos casos, os terminais dreno (D) e fonte (S) podem ser trocados um pelo outro sem maiores problemas.

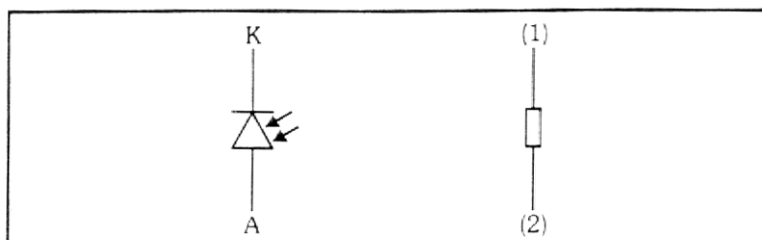
Teste dos dispositivos

JFET - Canal N				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (D)	(-) - (S)	$\cong 200 \Omega$	bom
	(-) - (D)	(+) - (S)		
	(+) - (G)	(-) - (D)	baixa	
		(-) - (S)		
	(+) - (G)	(+) - (D)	alta	
		(+) - (S)		
2ª	(+) - (D)	(-) - (S)	$\cong 0$	ruim
	(-) - (D)	(+) - (S)		
	(+) - (G)	(+) - (D)	$\cong 0$	
		(+) - (S)		

JFET - Canal P				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (D)	(-) - (S)	$\cong 200 \Omega$	bom
	(-) - (D)	(+) - (S)		
	(-) - (G)	(+) - (D)	baixa	
		(+) - (S)		
	(+) - (G)	(-) - (D)	alta	
		(-) - (S)		
2ª	(+) - (D)	(-) - (S)	$\cong 0$	ruim
	(-) - (D)	(+) - (S)		
	(+) - (G)	(-) - (D)	$\cong 0$	
		(-) - (S)		

Fotodiodo

Símbolos de referência para as medidas



Identificação dos terminais

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$			
Ligação		Medida em Ohm	Identificação
(+) - (1)	(-) - (2)	baixa	1 = A
(-) - (1)	(+) - (2)	alta	2 = K

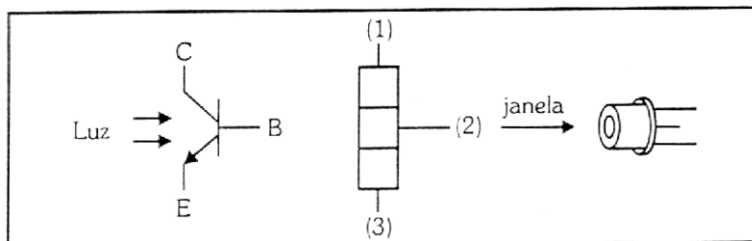
Teste do dispositivo

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Ligação			Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (A)	(-) - (K)	baixa	bom
	(+) - (K)	(-) - (A)	alta	
2ª	(+) - (A)	(-) - (K)	$\cong 0$	em curto
	(+) - (K)	(-) - (A)		
3ª	(+) - (A)	(-) - (K)	∞	em aberto
	(+) - (K)	(-) - (A)		
Multímetro na Escala: $\Omega \times 10K$				
4ª	(+) - (K)	(-) - (A)	alta (*)	sensibilidade: boa

(*) A resistência varia com a intensidade luminosa.

Fototransistor NPN

Símbolos de referência para medidas



Identificação dos terminais

Fototransistor com a janela coberta				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Identificação
1ª	(+) - (B)	(-) - (C)	baixa	2 = B (janela)
		(-) - (E)		
Multímetro na Escala: $\Omega \times 10 K$				
2ª	(+) - (1)	(-) - (3)	$\cong 100 \times 10K$	1 = C 3 = E
	(+) - (3)	(-) - (1)	∞	

1º Condição – Identificação da base do fototransistor

Alguns tipos de fototransistores operam com base aberta, ou seja, não possuem este terminal. Assim, a primeira condição da tabela não se aplica, sendo os outros dois terminais identificados pela 2ª condição.

Para os fototransistores com terminal de base, fixar a ponta de prova positiva do multímetro em um dos terminais. Com a ponta da prova negativa, tocar nos dois outros terminais, para verificar se ambos apresentam resistência baixa. Caso essa condição não se verifique na primeira tentativa, repetir o procedimento, fixando a prova positiva em outro terminal do fototransistor.

2ª condição – identificação do coletor e emissor do fototransistor

Basta seguir as ligações e medidas indicadas na tabela.

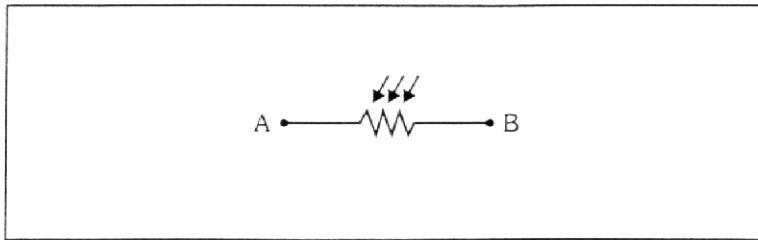
Teste do dispositivo

Fototransistor com a janela coberta				
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1$ ou $\Omega \times 10$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (B)	(-) - (C)	baixa	bom
		(-) - (E)		
	(-) - (B)	(+) - (C)	alta	
		(+) - (E)		
	(+) - (C)	(-) - (E)	alta	
	(+) - (E)	(-) - (C)		
2ª	(-) - (B)	(+) - (C)	$\cong 0$	ruim
		(+) - (E)		
3ª	(+) - (C)	(-) - (E)	$\cong 0$	ruim
	(+) - (E)	(-) - (C)		
Multímetro na Escala: $\Omega \times 10K$				
4ª	(+) - (C)	(-) - (E)	alta (*)	sensibilidade: boa

(*) A resistência varia com a intensidade luminosa.

LDR

Símbolo de referência para as medidas

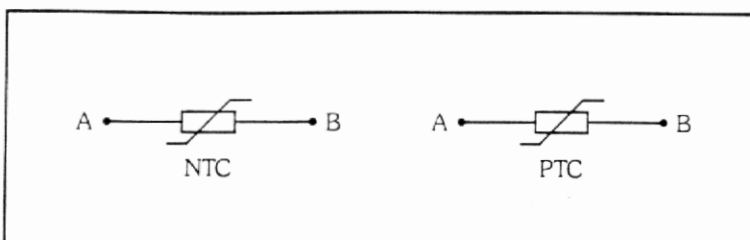


Teste do dispositivo

Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 1K$ ou $\Omega \times 10K$				
Condição	Ligação		Medida em Ohm	Estado
1ª	(+) - (A)	(-) - (B)	> 100K Ω (no escuro)	bom
	(-) - (A)	(+) - (B)		
Multímetro nas Escalas: $\Omega \times 10$ ou $\Omega \times 100$				
2ª	(+) - (A)	(-) - (B)	< 10K Ω (no claro)	bom
	(-) - (A)	(+) - (B)		
3ª	(+) - (A)	(-) - (B)	alta (no claro/escuro)	ruim
	(-) - (A)	(+) - (B)		

NTC E PTC

Símbolos de referência para medidas



Teste dos dispositivos

Procedimento	
Procurar uma escala adequada e, sem se preocupar com a polaridade, medir a resistência do NTC ou PTC à temperatura ambiente. Em seguida, submeter o dispositivo a um pequeno aquecimento.	
Dispositivo Bom	
NTC - A resistência diminui	PTC - A resistência aumenta

APÊNDICE B – TABELA DE RESISTORES E CAPACITORES COMERCIAIS

- Tabela de Resistores Comerciais
- Tabela de Capacitores Comerciais

Resistores Comerciais

A tabela a seguir mostra as raízes, cujos valores nominais dos resistores são seus múltiplos e submúltiplos.

Comercialmente, esses valores servem para resistores de 2%, 5%, 10% ou 20% de tolerância.

10	11	12	13	15	16	18	20
22	24	27	30	33	36	39	43
47	51	56	62	68	75	82	91

Capacitores Comerciais

A tabela a seguir mostra as raízes, cujos valores nominais dos capacitores são seus múltiplos e submúltiplos.

Comercialmente, os capacitores podem ser de diversos tipos (cerâmico, poliéster metalizado, eletrolítico, tântalo, etc.) e podem ter diversos valores de tensão de ruptura.

1	12	15	18	22	27	33	47	56	68	82
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Teste de isolamento do capacitor

Um capacitor em condições normais apresenta entre suas armaduras resistência infinita (isolação) não permitindo assim circulação de corrente.

Mas quando o dielétrico sofre degeneração a resistência entre as armaduras diminui permitindo a circulação de uma pequena corrente denominada de corrente de fuga.

Quando se deseja verificar as condições do capacitor quanto a resistência de isolamento entre as armaduras utiliza-se normalmente o ohmímetro.

A escolha da escala do ohmímetro depende do valor de capacitância do capacitor a ser testado (tabela abaixo).

CAPACITÂNCIA	ESCALA
Até $1\mu F$	$\times 10000$
De $1\mu F$ a $100\mu F$	$\times 1000$
Acima de $100\mu F$	$\times 10$ ou $\times 1$

Para valores de capacitância até $1\mu F$ a escala recomendada é a $\times 10000$ e para valores superiores recomenda-se $\times 100$ ou $\times 10$.

Após selecionada a escala conectar as pontas de prova do ohmímetro nos terminais do capacitor. Neste momento o ponteiro deflexiona rapidamente em direção ao zero e logo em seguida retorna mais lentamente em direção ao infinito da escala. Quando o capacitor está com a isolamento em boas condições o ponteiro deve retornar até o infinito da escala.

Deve-se inverter as pontas de prova e repetir o teste.

DIODOS IBRAPE

DIODOS DE BAIXO SINAL

USO GERAL E COMUTÇÃO

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	t _{rr} (ns)	C _d (pF)	V _F (V)	a	IF (mA)	APLICAÇÕES TÍPICAS
01	BA220	SOD-27	10	200	4	2,5	0,95		100	Uso Geral
02	BA221	SOD-27	30	200	4	2,5	1,05		200	Uso Geral
03	BA316	SOD-27	10	100	4	2	1,1		100	Uso Geral
04	BA317	SOD-27	30	100	4	2	1,1		100	Uso Geral
05	BA318	SOD-27	50	100	4	2	1,1		100	Uso Geral
06	BAS11	SOD-27	300	350	1000	15	1,1		300	Avalanche, uso Geral
07	BAV10	SOD-27	60	300	6	2,5	1,25		500	Velocidade ultra elevada
08	BAV18	SOD-27	50	250	50	5	1,25		200	Alta velocidade
09	BAV19	SOD-27	100	250	50	5	1,25		200	Alta velocidade
10	BAV20	SOD-27	150	250	50	5	1,25		200	Alta velocidade
11	BAV21	SOD-27	200	250	50	5	1,25		200	Alta velocidade
12	BAW21A	SOD-27	70	400	300	35	1,0		200	Avalanche controlada
13	BAW21B	SOD-27	90	400	300	35	1,0		200	Avalanche controlada
14	BAW62	SOD-27	75	200	4	2	1,0		100	Comutação alta velocidade
15	BAX12A	SOD-27	90	400	50	35	1,0		200	Avalanche para telefonia
16	BAX14	SOD-27	20	500	50	35	1,0		300	Uso geral/retificação
17	BAX18A	SOD-27	75	500	35	35	0,91		200	Uso geral/retificação
18	1N914	SOD-27	75	75	4	4	1,0		10	Alta velocidade
19	1N916	SOD-27	75	75	4	2	1,0		10	Alta velocidade
20	1N4148	SOD-27	75	200	4	4	1,0		10	Alta velocidade
21	1N4150	SOD-27	50	300	6	2,5	1,0		200	Velocidade ultra-elevada
22	1N4151	SOD-27	50	200	2	2	1,0		50	Velocidade ultra-elevada
23	1N4154	SOD-27	25	200	2	4	1,0		30	Velocidade ultra-elevada
24	1N4448	SOD-27	75	200	4	4	1,0		20	Alta velocidade
25	1N4448	SOD-27	75	200	4	4	1,0		100	Alta velocidade

SCHOTTKY PARA COMUTÇÃO

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	t _{rr} (ns)	C _d (pF)	V _F (V)	a	IF (mA)	APLICAÇÕES TÍPICAS
26	BAT81	SOD-68	40	30	1	< 1,6	<410		1	Comutação ultra-rápida
27	BAT82	SOD-68	50	30	1	< 1,6	<410		1	Comutação ultra-rápida
28	BAT83	SOD-68	60	30	1	< 1,6	<410		1	Comutação ultra-rápida
29	BAT85	SOD-68	30	200	5	<10	<320		1	Substituição a diodos Ge "gold-bonded"
30	BAT86	SOD-68	50	200	4	< 8	<380		1	Comutação ultra-rápida

DIODOS DE SINTONIA

CAPACITÂNCIA VARIÁVEL

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	C _d (pF)	a	VR (V)	C _{d1} /C _{d2}	a	VR1/VR2 (V/V)	r _D (Ω)	APLICAÇÕES TÍPICAS
31	BB112	SOD-69	12	50	440-540	1		> 18		1/ 9	< 1,5	Rádio AM
32	BB119	SOD-27	15	200	20-25	4		> 1,3		4/10	< 1,5	CAF em rádio e TV
33	BB130	SOD-69	30	50	450-550	1		> 23		1/28	< 2	Rádio AM
34	BB204B	SOT-54	30	100	34-39	3		2,5-2,8		3/30	< 4	Rádio FM
35	BB204G	SOT-54	30	100	37-42	3		2,5-2,8		3/30	< 4	Rádio FM
36	BB212	SOT-54	12	100	500-620	0,5		> 22,5		0,5/8	< 2,5	Rádio AM
37	BB405B	SOD-68A	28	20	>15,5	1		4,8-5,6		3/25	< 0,75	Televisão UHF
38	BB417	SOD-68	2	20	8-11	4		2-5		4/15	< 1,2	CAF em TV
39	BB809	SOD-68A	28	20	30-46	1		8-10		1/28	< 0,6	Televisão VHF
40	BB909A	SOD-68	32	20	31	1		12-15		1/28	< 0,9	Televisão, VHF
41	BB909B	SOD-68	32	20	33,5	1		12-15		1/28	< 0,9	Televisão, VHF

COMUTÇÃO DE BANDA

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	C _d (pF)	a	VR (V)	r _D (Ω)	a	IF (mA)	V _F (V)	a	IF (mA)	APLICAÇÕES TÍPICAS
42	BA423	SOD-68	20	50	< 2,5	3		< 1,2		10	< 0,9		50	Rádio AM
43	BA482	SOD-68	35	100	< 1,2	3		< 0,7		3	< 1,2		100	Televisão VHF
44	BA483	SOD-68	35	100	< 1,0	3		< 1,2		3	< 1,2		100	Televisão VHF
45	BA484	SOD-68	35	100	< 1,6	3		< 1,2		3	< 1,2		100	Televisão, VHF

OUTROS

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	C _d (pF)	a	VR = 0V	V _F (mV)	a	IF (mA)	APLICAÇÕES TÍPICAS
46	BA281	SOD-27	50	200	1,2			360-420		0,01	Detetor de FM
47	BA481	SOD-68	4	30	< 1			450		1	Misturador de UHF

DIODOS

ESTABISTORES

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	VF (V) a			SF (mV/k)	IF (mA)	t _g (s)	IF (mA)
				IF=1mA	IF=5mA	IF=10mA				
48	BA314	SOD-27	4	0.72	0.77	0.79	-1.8	1	6	10
49	BA315	SOD-27	5	0.62	0.70	0.75	-2.1	1	7	10
50	BZV46-C1V5	SOD-27	4	1.35	1.45	1.50	-3.65	5	20	5
51	BZV46-C2V0	SOD-27	4	2.00	2.15	2.20	-5.6	5	30	5

Aplicações: acoplamento, grameamento, proteção, polarização (são diodos reguladores de baixa tensão, polarizados no sentido de condução)

ESTABILIZADOR DE TENSÃO PARA SELETORES DE CANAIS

Nº	TIPO	ENCAPSULAMENTO	TENSÃO ESTABILIZ (V)	IF (mA)	APLICAÇÃO
52	IBK33	SOD-27	30-36	7	Estab. de alimentação para diodos de sintonia

DIODOS REGULADORES DE TENSÃO

Nº	TIPO	APLICAÇÃO	
		ZENER	SUPRESSOR
53	BZX79 SERIE	X	
54	BZV85 SERIE	X	
55	BZT03 SERIE	X	X
56	BZW03 SERIE	X	X
57	BZW14		X

SUPRESSORES DE TRANSIENTES

SERIE	VR (V)	V(CLR) (V)	IRSM (A)	IR (μA)	VR (V)
BZT03	6.2 a 220	11.3 a 380	26.5 a 0.8	1.500 a 5	6.2 a 220
BZW03	6.2 a 220	11.3 a 380	44.2 a 1.3	3.000 a 10	6.2 a 220
BZW14	12	28	50	40	12

ZENER

SERIE	BZX79	BZV85	BZT03	BZW03
PTOT(W)	0.4	1.3	3.25	6
TOLERÂNCIA (%)	2 ou 5	5	5	5
ENCAPSULAMENTO	SOD-27	SOD-66	SOD-57	SOD-64

TENSÕES NOMINAIS

(V)	Iz(mA)		Iz(mA)		Iz(mA)		Iz(mA)	
2.4	5	C2V4						
2.7	5	C2V7						
3.0	5	C3V0						
3.3	5	C3V3						
3.6	5	C3V6	60	C3V6				
3.9	5	C3V9	60	C3V9				
4.3	5	C4V3	50	C4V3				
4.7	5	C4V7	45	C4V7				
5.1	5	C5V1	45	C5V1				
5.6	5	C5V6	45	C5V6				
6.2	5	C6V2	35	C6V2				
6.8	5	C6V8	35	C6V8				
7.5	5	C7V5	35	C7V5	100	C7V5	175	C7V5
8.2	5	C8V2	25	C8V2	100	C8V2	150	C8V2
9.1	5	C9V1	25	C9V1	50	C9V1	150	C9V1
10	5	C10	25	C10	50	C10	125	C10
11	5	C11	20	C11	50	C11	125	C11
12	5	C12	20	C12	50	C12	100	C12
13	5	C13	20	C13	50	C13	100	C13
15	5	C15	15	C15	50	C15	75	C15
16	5	C16	15	C16	25	C16	75	C16
18	5	C18	15	C18	25	C18	65	C18
20	5	C20	10	C20	25	C20	65	C20
22	5	C22	10	C22	25	C22	50	C22
24	5	C24	10	C24	25	C24	50	C24
27	2	C27	8	C27	25	C27	50	C27
30	2	C30	8	C30	25	C30	40	C30
33	2	C33	8	C33	25	C33	40	C33
36	2	C36	8	C36	10	C36	30	C36
39	2	C39	6	C39	10	C39	30	C39
43	2	C43	6	C43	10	C43	30	C43
47	2	C47	4	C47	10	C47	25	C47
51	2	C51	4	C51	10	C51	25	C51
56	2	C56	4	C56	10	C56	20	C56
62	2	C62	4	C62	10	C62	20	C62
68	2	C68	4	C68	10	C68	20	C68
75	2	C75	4	C75	10	C75	20	C75
82					10	C82	15	C82
91					5	C91	15	C91
100					5	C100	12	C100
110					5	C110	12	C110
120					5	C120	10	C120
130					5	C130	10	C130
150					5	C150	8	C150
160					5	C160	8	C160
180					5	C180	5	C180
200					5	C200	5	C200
220					2	C220	5	C220
240					2	C240	5	C240
270					2	C270	5	C270

DIODOS

DIODOS RETIFICADORES - GLASS BEAD USO GERAL/AVALANCHE

Nº	TIPO	ENCAPS	IF(AV) (A)	VRRM (V)	VF (V)	a	IF (A)
58	BY527	SOD-57	2	800	1,65	10	
59	BYM56A	SOD-64	3,5	200	1,25	5	
60	BYM56B	SOD-64	3,5	400	1,25	5	
61	BYM56C	SOD-64	3,5	600	1,25	5	
62	BYM56D	SOD-64	3,5	800	1,25	5	
63	BYM56E	SOD-64	3,5	1000	1,25	5	
64	BYW54	SOD-57	2,0	600	1,65	10	
65	BYW55	SOD-57	2,0	800	1,65	10	
66	BYW56	SOD-57	2,0	1000	1,65	10	
67	1N4001G	SOD-57	1,0	50	1,1	1	
68	1N4002G	SOD-57	1,0	100	1,1	1	
69	1N4003G	SOD-57	1,0	200	1,1	1	
70	1N4004G	SOD-57	1,0	400	1,1	1	
71	1N4005G	SOD-57	1,0	600	1,1	1	
72	1N4006G	SOD-57	1,0	800	1,1	1	
73	1N4007G	SOD-57	1,0	1000	1,1	1	
74	1N5059	SOD-57	2,0	200	1,15	2,5	
75	1N5060	SOD-57	2,0	400	1,15	2,5	
76	1N5061	SOD-57	2,0	600	1,15	2,5	
77	1N5062	SOD-57	2,0	800	1,15	2,5	

RÁPIDO

Nº	TIPO	ENCAPS	IF(AV) (A)	VRRM (V)	VF (V)	a	IF (A)	t _{rr} (ns)
78	BYV26A	SOD-57	1,0	200	2,3	1		30
79	BYV26B	SOD-57	1,0	400	2,5	1		30
80	BYV26C	SOD-57	1,0	600	2,5	1		30
81	BYV26D	SOD-57	1,0	800	2,5	1		75
82	BYV26E	SOD-57	1,0	1000	2,5	1		75
83	BYV27-50	SOD-57	2,0	50	1,07	3		25
84	BYV27-100	SOD-57	2,0	100	1,07	3		25
85	BYV27-150	SOD-57	2,0	150	1,07	3		25
86	BYV27-200	SOD-57	2,0	200	1,07	3		25
87	BYV28-50	SOD-64	3,5	50	1,1	5		30
88	BYV28-100	SOD-64	3,5	100	1,1	5		30
89	BYV28-150	SOD-64	3,5	150	1,1	5		30
90	BYV28-200	SOD-64	3,5	200	1,1	5		30
91	BYV95A	SOD-57	1,5	200	1,6	3		250
92	BYV95B	SOD-57	1,5	400	1,6	3		250
93	BYV95C	SOD-57	1,5	800	1,6	3		250
94	BYV96D	SOD-57	1,5	800	1,6	3		300
95	BYV96E	SOD-57	1,5	1000	1,6	3		300
96	BYW95A	SOD-64	3,0	200	1,5	5		250
97	BYW95B	SOD-64	3,0	400	1,5	5		250
98	BYW95C	SOD-64	3,0	600	1,5	5		250
99	BYW96D	SOD-64	3,0	800	1,5	5		300
100	BYW96E	SOD-64	3,0	1000	1,5	5		300

EFICIÊNCIA

Nº	TIPO	ENCAPS	IFWM (A)	VRRM (V)	t _{tot} (µs)
101	BY228	SOD-64	5	1500	20
102	BY438	SOD-64	5	1500	20
103	BY448	SOD-57	4	1500	20
104	BY458	SOD-57	4	1500	20
105	BY588	SOD-57	1,5 ¹⁾	50	0,7 ²⁾

1) IF(AV) 2) t_d

DIODOS PARA MONTAGEM EM SUPERFÍCIE - SMD

SINAL E COMUTAÇÃO

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	t _{rr} (ns)	C _d (pF)	VF (mV)	a	IF (mA)
106	BAS16	SOT-23	75	250	6	2	855/-		1250
107	BAS19	SOT-23	100	200	50	140	-/1000		-
108	BAS20	SOT-23	150	200	50	5	-/1000		-
109	BAS21	SOT-23	200	200	50	5	-/1000		-
110	BAS28	SOT-143	75	250	6	2	855/-		1250
111	BAS29	SOT-23	90	250	50	35	750/900		-
112	BAS31	SOT-23	90	250	50	35	750/900		-
113	BAS35	SOT-23	90	250	50	35	750/900		-
114	BAS56	SOT-143	60	200	6	2,5	-/1000		200
115	BAT54	SOT-23	30	200	5	10	-/1000		100
116	BAT74	SOT-143	30	200	5	10	-/1000		100
117	BAV23	SOT-143	200	200	50	2,5	-/1000		-
118	BAV70	SOT-23	70	250	6	1,5	855/-		1250
119	BAV99	SOT-23	70	250	6	1,5	855/-		1250
120	BAV56	SOT-23	70	250	6	2	855/-		1250

SINTONIA

Nº	TIPO	ENCAPS	VR (V)	IF (mA)	C _d (pF)	a	VR (V)	C _{d1} /C _{d2}	a	VR1/VR2 (V)	t _D (µs)	VF (mV)	a	IF (mA)
121	BAT17	SOT-23	4	30	1,0		0	-		-	< 15	600		-
122	BAT18	SOT-23	35	100	1,0		20	-		-	< 0,7	-/1200		-
123	BBY31	SOT-23	26	20	1,8-2,8		25	tip 5		3/25	< 1,2	-		-
124	BBY40	SOT-23	28	20	4,3-6		25	5 a 5,6		3/25	< 0,6	-		-

ESTABISTOR

Nº	TIPO	ENCAPSULAMENTO	VF(mV)a				C _d (pF)
			IF = 0,1mA	IF = 1mA	IF = 10mA	IF = 100mA	
125	BAS17	SOT-23	610 a 690	680 a 760	730 a 810	870 a 960	140

REGULADOR DE TENSÃO

Nº	TIPO	ENCAPS	V _Z (V)	TOLER (%)	PTOT (mW)
126	BZX84	SOT-23	2,4 a 75	5	350

DIODOS

ÍNDICE

Tipos	Nº ord.	Tipos	Nº ord.	Tipos	Nº ord.	Tipos	Nº ord.
BA220	01	BAT86	30	BY458	104	BYW96D	99
BA221	02	BAV10	07	BY527	58	BYW96E	100
BA281	46	BAV18	08	BY588	105	BZT03 série	55
BA314	48	BAV19	09	BYM66A	59	BZV46-C1V5	50
BA315	49	BAV20	10	BYM56B	60	BZV46-C2V0	51
BA316	03	BAV21	11	BYM56C	61	BZV85 série	54
BA317	04	BAV23	117	BYM56D	62	BZW03 série	56
BA318	05	BAV70	118	BYM56E	63	BZW14	57
BA423	42	BAV99	119	BYV26A	78	BZX79 série	53
BA481	47	BAW21A	12	BYV26B	79	BZX84	126
BA482	43	BAW21B	13	BYV26C	80	IBK33	52
BA483	44	BAW56	120	BYV26D	81	1N914	18
BA484	45	BAW62	14	BYV26E	82	1N916	19
BAS11	06	BAX12A	15	BYV27-50	83	1N4001G	67
BAS16	106	BAX14	16	BYV27-100	84	1N4002G	68
BAS17	125	BAX18A	17	BYV27-150	85	1N4003G	69
BAS19	107	BB112	31	BYV27-200	86	1N4004G	70
BAS20	108	BB119	32	BYV28-50	87	1N4005G	71
BAS21	109	BB130	33	BYV28-100	88	1N4006G	72
BAS28	110	BB204B	34	BYV28-150	89	1N4007G	73
BAS29	111	BB204G	35	BYV28-200	90	1N4148	20
BAS31	112	BB212	36	BYV95A	91	1N4150	21
BAS35	113	BB405B	37	BYV95B	92	1N4151	22
BAS56	114	BB417	38	BYV95C	93	1N4154	23
BAT17	121	BB809	39	BYV96D	94	1N4446	24
BAT18	122	BB909A	40	BYV96E	95	1N4448	25
BAT54	115	BB909B	41	BYW54	64	1N5059	74
BAT74	116	BBY31	123	BYW55	65	1N5060	75
BAT81	26	BBY40	124	BYW56	66	1N5061	76
BAT82	27	BY228	101	BYW95A	96	1N5062	77
BAT83	28	BT438	102	BYW95B	97		
BAT85	29	BY448	103	BYW95C	98		

SIMBOLOGIA

Cd	Capacitância do diodo	t _d	Retardo na condução direta
IF	Corrente direta	t _{rr}	Tempo de recuperação reversa
IF(AV)	Corrente média direta	t _{tot}	Tempo total de recuperação
IFWM	Corrente direta de pico de trabalho	SF	Coefficiente de temperatura da tensão de trabalho
IR	Corrente reversa	VCE(R)	Tensão de grampeamento de saída
IRSM	Corrente reversa de pico não repetitivo	VF	Tensão direta
P _{tot}	Dissipação total de potência	VR	Tensão reversa
r _D	Resistência - série do diodo	VRRM	Tensão reversa de pico repetitiva
r _{diff}	Resistência diferencial	VZ	Tensão zener de trabalho

IDENTIFICAÇÃO

	Codificação		
	Anéis coloridos	Alfanumérica	Outros
SOD-27	X	X	
SOD-57		X	
SOD-64		X	
SOD-66		X	
SOD-68			X
SOD-68A			X
SOD-69		X	
SOT-23		X	
SOT-54		X	
SOT-143		X	

CODIFICAÇÃO

1 - CODIFICAÇÃO ATRAVÉS DE ANÉIS COLORIDOS (SOD-27)

A cor do corpo e as cores dos anéis com as respectivas correspondências aos algarismos estão indicadas abaixo. O primeiro anel colocado próximo a uma das extremidades do corpo do diodo indica também o catodo.

Prefixo	Cor do corpo	Cores dos anéis	Algarismos
BA	incolor	preto	0
BAS	laranja	marron	1
BAV	verde	vermelho	2
BAW	azul	laranja	3
BAX	preto	amarelo	4
BB	bege	verde	5
1N (3 algarismos)	preto	azul	6
1N (4 algarismos)	incolor	violeta	7
BZX79 série	amarelo	cinza	8
		branco	9

2 - CODIFICAÇÃO ALFANUMÉRICA

O código aparece estampado no corpo do produto. Para diodos com terminais axiais, o catodo é indicado através de um anel preto colocado próximo a uma das extremidades do corpo do diodo.

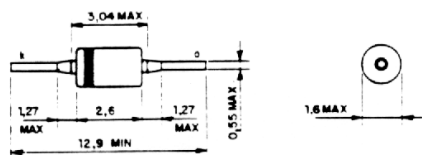
3 - OUTROS (SOD68/68A)

Possuem um anel colocado próximo a uma das extremidades do corpo do diodo, indicando o catodo. Neste caso, o fabricante deve ser consultado para maiores esclarecimentos, tanto para a cor do corpo quanto para a cor do anel indicativo do catodo.

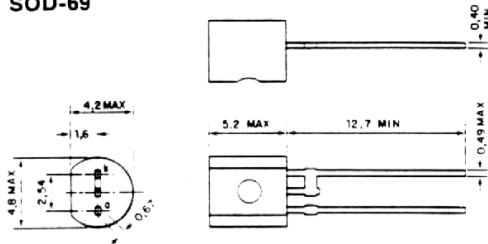
DIODOS

DIMENSÕES (mm)

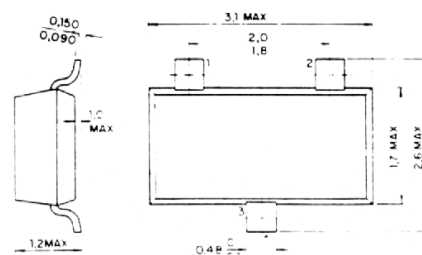
SOD-68A



SOD-69

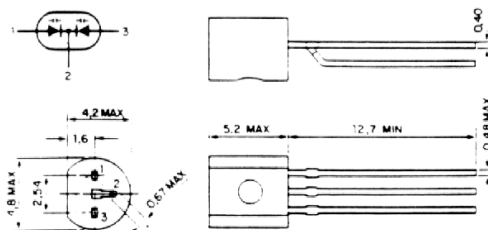


SOT-23

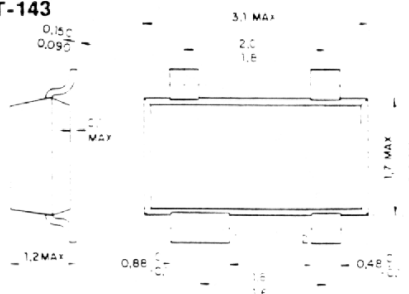


SOT-54

(TO - 92)



SOT-143

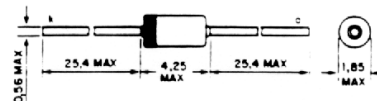


DIODOS

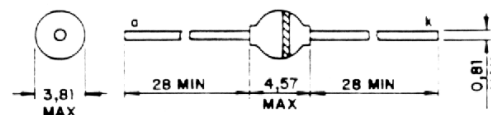
DIMENSÕES (mm)

SOD-27

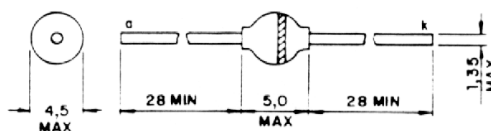
(DO-35)



SOD-57

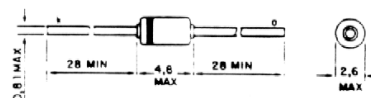


SOD-64



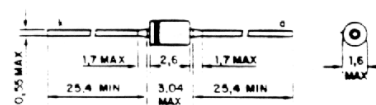
SOD-66

(DO-41)



SOD-68

(DO-34)



DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) Ø 3 mm

Tipo	Cor emitida	Tecnologia	Comprimento de onda λ (nm)	Encapsulamento	Intensidade Luminosa ($I_F = 20$ mA) I_V (mcd)	Melo Ângulo φ (graus)	Tensão Direta ($I_F = 20$ mA) (V) *	Corrente Direta Máxima (mA)
LD30N -2 -3 -4	Vermelho	GaAsP	665±15	vermelho difuso	≥0,3 (2,0) 0,63 ... 1,25 1,0 ... 2,0 1,6 ... 3,2	±35	1,8 (≤2,0)	100
LD32N -5 -6 -7	Vermelho alta intensidade	GaAsP TSN	645±15	vermelho difuso	≥0,6 (5,0) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±35	2,4 (≤3,0)	60
LD36N -5 -6 -7	Amarelo	GaAsP TSN	590±10	amarelo difuso	≥0,6 (4,5) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±35	2,4 (≤3,0)	60
LD37N -5 -6 -7	Verde	GaP TSN	560±15	verde difuso	≥0,6 (4,5) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±35	2,4 (≤3,0)	60
LC30N -B -C -D	Vermelho	GaAsP	665±15	vermelho cristalino	≥1,0 (4,0) 1,6 ... 3,2 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0	±25	1,6 (≤2,0)	100
LC32N -E -F -G -H	Vermelho alta intensidade	GaAsP TSN	645±15	vermelho cristalino	≥4,0 (18,0) 6,3 ... 12,5 10,0 ... 20,0 16,0 ... 32,0 25,0 ... 50,0	±25	2,4 (≤3,0)	60
LC36N -E -F -G	Amarelo	GaAsP TSN	590±10	amarelo cristalino	≥4,0 (15,0) 6,3 ... 12,5 10,0 ... 20,0 16,0 ... 32,0	±25	2,4 (≤3,0)	60
LC37N -E -F -G	Verde	GaP TSN	560±15	verde cristalino	≥4,0 (15,0) 6,3 ... 12,5 10,0 ... 20,0 16,0 ... 32,0	±25	2,4 (≤3,0)	60
LD30P -2 -3 -4 -5	Vermelho	GaAsP	665±15	vermelho difuso	≥0,3 (2,0) 0,63 ... 1,25 1,0 ... 2,0 1,6 ... 3,2 2,5 ... 5,0	±25	1,6 (≤2,0)	100
LD32P -5 -6 -7	Vermelho alta intensidade	GaAsP TSN	645±15	vermelho difuso	≥0,6 (5,0) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±25	2,4 (≤3,0)	60
LD36P -5 -6 -7	Amarelo	GaAsP TSN	590±10	amarelo difuso	≥0,6 (4,5) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±25	2,4 (≤3,0)	60
LD37P -5 -6 -7	Verde	GaP TSN	560±15	verde difuso	≥0,6 (4,5) 2,5 ... 5,0 4,0 ... 8,0 6,3 ... 12,5	±25	2,4 (≤3,0)	60

* Valor típico (≤ Valor máximo)

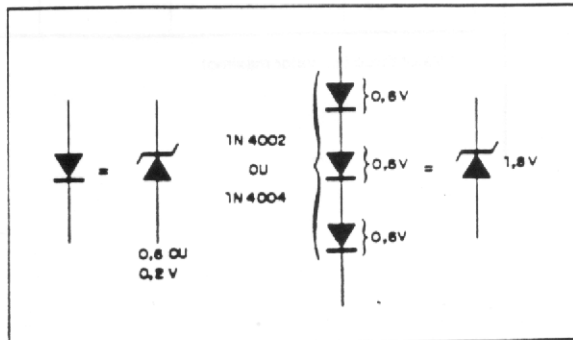
DIODOS ZENER – REGULADORES DE TENSÃO

V_Z ±5%	400 mW	1,3 W	2,5 W	20 W 10 W	75 W
1,4	BZX 75 C1V4				
2,1	C2V1				
2,8	C2V8				
3,3	DO-7 @ I _Z = 1mA				
3,6	C3V6				
3,9	—				
4,3	—				
4,7	BZX 79 C4V7				
5,1	C5V1	BZX 87 C5V1			
5,6	C5V6	C5V6			
6,2	C6V2	C6V2			
6,8	C6V8	C6V8			
7,5	C7V5	C7V5			
8,2	C8V2	C8V2			
9,1	C9V1	C9V1			
10	C10	C10	BZX 70 C10		
11	C11	C11	C11		
12	C12	C12	C12		
13	C13	C13	C13		
15	C15	C15	C15		
16	C16	C16	C16		
18	C18	C18	C18		
20	C20	C20	C20		
22	C22	C22	C22		
24	C24	C24	C24		
27	C27	C27	C27		
30	C30	C30	C30		
33	C33	C33	C33		
36	C36	C36	C36		
39	C39	C39	C39		
43	C43	C43	C43		
47	C47	C47	C47		
51	C51	C51	C51		
56	C56	C56	C56		
62	C62	C62	C62		
68	C68	C68	C68		
75	C75	C75	C75		
	DO-35 ²⁾	DO-15	SOD-35	(Plástico)	DO-4
					DO-5

ZENER IMPROVISADO

Se analisarmos a curva característica de um diodo comum, vemos que na polarização direta ela apresenta um "joelho" em torno de 0,2V para os de germânio e 0,6V para os de silício. Isso significa que podemos usar estes diodos como zener de baixa tensão para estes valores, desde que polarizados no sentido direto. Para ter uma tensão um pouco maior basta ligar dois ou mais diodos em série, conforme mostra a figura.

Três diodos de silício em série equivalem então a um "zener" improvisado de 1,8V ($3 \times 0,6V$) com certa aproximação.



ZENER DIODES

Zener and Avalanche Regulator Diodes

Motorola's standard Zeners and Avalanche Regulator diodes comprise the largest inventoried line in the industry. Continuous development of improved manufacturing techniques have resulted in computerized diffusion and test, as well as critical process controls learned from surface-sensitive MOS fabrication. Resultant high yields lower factory costs. Check the following features for application to your specific requirements:

- Wide selection of package materials and styles:
Plastic (Surmetic) for low cost, mechanical ruggedness
Glass for highest reliability, lowest cost
Metal for highest power
- Power ratings from 0.25 to 50 Watts
- Breakdown voltages from 1.8 to 200 V in approximately 10% steps
- Available tolerances from 10% (low cost) to as tight as 1% (critical applications) with off-the-shelf delivery
- Special selection of electrical characteristics available at low cost due to high-volume lines (check your Motorola sales representative for special quotations)
- JAN/JANTX(V) availability (designated, by tint)
- Special glass now used in DO-35 type packages is compatible with low temperature alloy processes, yielding sharper breakdown and low leakage.

NOTES

1. The Zener Voltage is measured at approximately 1/4 the rated power, with the following exceptions: the MZ4678-4717 is measured with $I_{ZT} = 50 \mu\text{Adc}$; the MZ4614/1N4099 is measured with $I_{ZT} = 250 \mu\text{Adc}$; the 1N4370/1N746 and the 1N5221-5242 are measured with $I_{ZT} = 20 \text{ mAdc}$.
2. Contact your Motorola representative for information on intermediate voltages and tighter tolerances.

Tolerances

3. No suffix = $\pm 5\%$
4. A suffix = $\pm 10\%$ — with guaranteed limits on V_Z , V_F , and I_R only
 - B suffix = $\pm 5\%$
 - C suffix = $\pm 2\%$
 - D suffix = $\pm 1\%$
5. 1N4370/1N746 series: No suffix = $\pm 10\%$
 - A suffix = $\pm 5\%$
 - 1N957 series: A suffix = $\pm 10\%$
 - B suffix = $\pm 5\%$
6. A suffix = $\pm 10\%$
 - B suffix = $\pm 5\%$

JAN/JANTX(V) available, $\pm 5\%$ only.

†Military parts in 1N4370/746/962 series and standard 1N987 — 1N992 supplied in DO-7. Military parts in 1N4614, 1N4099 and 1N5518 series supplied in DO-7. #1N5273 — 1N5281 supplied in Surmetic DO-7.

Nominal Zener Voltage	250 mW Low Level Cathode = Polarity Mark	250 mW (400 mW Pkg) Low Noise Cathode = Polarity Mark	400 mW Low Noise Low Leakage Cathode = Polarity Mark	500 mW Cathode = Polarity Mark	
(Note 1)	(Note 3)	(Notes 2, 3)	(Notes 2, 4)	(Notes 2, 5)	(Notes 2, 6)
					
	Glass DO-204-AH (DO-35)	Glass DO-204-AH (DO-35) †		Glass DO-204-AH (DO-35) †	
1.8	1N4678	1N4614			
2.0	1N4679	1N4615			
2.2	1N4680	1N4616			
2.4	1N4681	1N4617		1N4370	1N5221
2.7	1N4682	1N4618		1N4371	1N5223
3.0	1N4683	1N4619		1N4372	1N5225
3.3	1N4684	1N4620	1N5518	1N746	1N5226
3.6	1N4685	1N4621	1N5519	1N747	1N5227
3.9	1N4686	1N4622	1N5520	1N748	1N5228
4.3	1N4687	1N4623	1N5521	1N749	1N5229
4.7	1N4688	1N4624	1N5522	1N750	1N5230
5.1	1N4689	1N4625	1N5523	1N751	1N5231
5.6	1N4690	1N4626	1N5524	1N752	1N5232
6.2	1N4691	1N4627	1N5525	1N753	1N5234
6.8	1N4692	1N4099	1N5526	1N754	1N5235
				1N957	
7.5	1N4693	1N4100	1N5527	1N755	1N5236
				1N958	
8.2	1N4694	1N4101	1N5528	1N756	1N5237
				1N959	
8.7	1N4695	1N4102			1N5238
9.1	1N4696	1N4103	1N5529	1N757	1N5239
				1N960	
10	1N4697	1N4104	1N5530	1N758	1N5240
				1N961	
11	1N4698	1N4105	1N5531	1N962	1N5241
12	1N4699	1N4106	1N5532	1N759	1N5242
				1N963	
13	1N4700	1N4107	1N5533	1N964	1N5243
14	1N4701	1N4108	1N5534		1N5244
15	1N4702	1N4109	1N5535	1N965	1N5245
16	1N4703	1N4110	1N5536	1N966	1N5246
17	1N4704	1N4111	1N5537		1N5247
18	1N4705	1N4112	1N5538	1N967	1N5248
19	1N4706	1N4113	1N5539		1N5249
20	1N4707	1N4114	1N5540	1N968	1N5250
22	1N4708	1N4115	1N5541	1N969	1N5251
24	1N4709	1N4116	1N5542	1N970	1N5252
25	1N4710	1N4117	1N5543		1N5253
27	1N4711	1N4118		1N971	1N5254
28	1N4712	1N4119	1N5544		1N5255
30	1N4713	1N4120	1N5545	1N972	1N5256
33	1N4714	1N4121	1N5546	1N973	1N5257
36	1N4715	1N4122		1N974	1N5258
39	1N4716	1N4123		1N975	1N5259
43	1N4717	1N4124		1N976	1N5260
47		1N4125		1N977	1N5261
51		1N4126		1N978	1N5262
56		1N4127		1N979	1N5263
60		1N4128			1N5264
62		1N4129		1N980	1N5265
68		1N4130		1N981	1N5266
75		1N4131		1N982	1N5267
82		1N4132		1N983	1N5268
87		1N4133			1N5269
91		1N4134		1N984	1N5270
100		1N4135		1N985	1N5271
110				1N986	1N5272
120				1N987	1N5273#
130				1N988	1N5274#
140					1N5275#
150				1N989	1N5276#
160				1N990	1N5277#
170					1N5278#
180				1N991	1N5279#
200				1N992	1N5281#

ZENER DIODES

Zener and Avalanche Regulator Diodes

Motorola's standard Zeners and Avalanche Regulator diodes comprise the largest inventoried line in the industry. Continuous development of improved manufacturing techniques have resulted in computerized diffusion and test, as well as critical process controls learned from surface-sensitive MOS fabrication. Resultant high yields lower factory costs. Check the following features for application to your specific requirements:

- Wide selection of package materials and styles:
Plastic (Surmetic) for low cost, mechanical ruggedness
Glass for highest reliability, lowest cost
Metal for highest power
- Power ratings from 0.25 to 50 Watts
- Breakdown voltages from 1.8 to 200 V in approximately 10% steps
- Available tolerances from 10% (low cost) to as tight as 1% (critical applications) with off-the-shelf delivery
- Special selection of electrical characteristics available at low cost due to high-volume lines (check your Motorola sales representative for special quotations)
- JAN/JANTX(V) availability (designated, by tint)
- Special glass now used in DO-35 type packages is compatible with low temperature alloy processes, yielding sharper breakdown and low leakage.

NOTES

1. The Zener Voltage is measured at approximately 1/4 the rated power, with the following exceptions: the MZ4678-4717 is measured with $I_{ZT} = 50 \mu\text{Adc}$; the MZ4614/1N4099 is measured with $I_{ZT} = 250 \mu\text{Adc}$; the 1N4370/1N746 and the 1N5221-5242 are measured with $I_{ZT} = 20 \text{ mAdc}$.
2. Contact your Motorola representative for information on intermediate voltages and tighter tolerances.

Tolerances

3. No suffix = $\pm 5\%$
4. A suffix = $\pm 10\%$ — with guaranteed limits on V_Z , V_F , and I_R only
B suffix = $\pm 5\%$
C suffix = $\pm 2\%$
D suffix = $\pm 1\%$
5. 1N4370/1N746 series: No suffix = $\pm 10\%$
A suffix = $\pm 5\%$
1N957 series: A suffix = $\pm 10\%$
B suffix = $\pm 5\%$
6. A suffix = $\pm 10\%$
B suffix = $\pm 5\%$

JAN/JANTX(V) available, $\pm 5\%$ only.

†Military parts in 1N4370/746/962 series and standard 1N987 — 1N992 supplied in DO-7. Military parts in 1N4614, 1N4099 and 1N5518 series supplied in DO-7. #1N5273 — 1N5281 supplied in Surmetic DO-7.

Nominal Zener Voltage	250 mW Low Level Cathode = Polarity Mark	250 mW (400 mW Pkg) Low Noise Cathode = Polarity Mark	400 mW Low Noise Low Leakage Cathode = Polarity Mark	500 mW Cathode = Polarity Mark	
(Note 1)	(Note 3)	(Notes 2, 3)	(Notes 2, 4)	(Notes 2, 5)	(Notes 2, 6)
					
	Glass DO-204-AH (DO-35)	Glass DO-204-AH (DO-35) †		Glass DO-204-AH (DO-35) †	
1.8	1N4678	1N4614			
2.0	1N4679	1N4615			
2.2	1N4680	1N4616			
2.4	1N4681	1N4617		1N4370	1N5221
2.7	1N4682	1N4618		1N4371	1N5223
3.0	1N4683	1N4619		1N4372	1N5225
3.3	1N4684	1N4620	1N5518	1N746	1N5226
3.6	1N4685	1N4621	1N5519	1N747	1N5227
3.9	1N4686	1N4622	1N5520	1N748	1N5228
4.3	1N4687	1N4623	1N5521	1N749	1N5229
4.7	1N4688	1N4624	1N5522	1N750	1N5230
5.1	1N4689	1N4625	1N5523	1N751	1N5231
5.6	1N4690	1N4626	1N5524	1N752	1N5232
6.2	1N4691	1N4627	1N5525	1N753	1N5234
6.8	1N4692	1N4099	1N5526	1N754	1N5235
				1N957	
7.5	1N4693	1N4100	1N5527	1N755	1N5236
				1N958	
8.2	1N4694	1N4101	1N5528	1N756	1N5237
				1N959	
8.7	1N4695	1N4102			1N5238
9.1	1N4696	1N4103	1N5529	1N757	1N5239
				1N960	
10	1N4697	1N4104	1N5530	1N758	1N5240
				1N961	
11	1N4698	1N4105	1N5531	1N962	1N5241
12	1N4699	1N4106	1N5532	1N759	1N5242
				1N963	
13	1N4700	1N4107	1N5533	1N964	1N5243
14	1N4701	1N4108	1N5534		1N5244
15	1N4702	1N4109	1N5535	1N965	1N5245
16	1N4703	1N4110	1N5536	1N966	1N5246
17	1N4704	1N4111	1N5537		1N5247
18	1N4705	1N4112	1N5538	1N967	1N5248
19	1N4706	1N4113	1N5539		1N5249
20	1N4707	1N4114	1N5540	1N968	1N5250
22	1N4708	1N4115	1N5541	1N969	1N5251
24	1N4709	1N4116	1N5542	1N970	1N5252
25	1N4710	1N4117	1N5543		1N5253
27	1N4711	1N4118		1N971	1N5254
28	1N4712	1N4119	1N5544		1N5255
30	1N4713	1N4120	1N5545	1N972	1N5256
33	1N4714	1N4121	1N5546	1N973	1N5257
36	1N4715	1N4122		1N974	1N5258
39	1N4716	1N4123		1N975	1N5259
43	1N4717	1N4124		1N976	1N5260
47		1N4125		1N977	1N5261
51		1N4126		1N978	1N5262
56		1N4127		1N979	1N5263
60		1N4128			1N5264
62		1N4129		1N980	1N5265
68		1N4130		1N981	1N5266
75		1N4131		1N982	1N5267
82		1N4132		1N983	1N5268
87		1N4133			1N5269
91		1N4134		1N984	1N5270
100		1N4135		1N985	1N5271
110				1N986	1N5272
120				1N987	1N5273#
130				1N988	1N5274#
140					1N5275#
150				1N989	1N5276#
160				1N990	1N5277#
170					1N5278#
180				1N991	1N5279#
200				1N992	1N5281#

ZENER AND AVALANCHE REGULATOR DIODES (continued)

Nominal Zener Voltage	1 WATT Cathode = Polarity Mark	1 WATT Cathode to Case Metal Case 52 (DO-13)	1.5 WATT Cathode = Polarity Mark	1.5 WATT Cathode to Case	5 WATT Cathode = Polarity Mark	10 WATT Cathode to Case = 1N3993 Series Anode to Case = 1N2970 Series	50 WATT Anode to Case	
(Note 1)	(Notes 2, 7)	(Notes 2, 8)	(Notes 2, 9)	(Notes 2, 10)	(Notes 2, 11)	(Notes 2, 10, 12)	(Notes 2, 10, 12)	(Notes 2, 10, 12)
								
	Glass Case 59 (DO-41)	Metal Case 52 (DO-13)	Cermet Case 59 (DO-41)	Metal Case 55	Surmetic 40 Case 17	Metal Case 56 (DO-4)	Metal Case 54 (TO-3)	Metal Case 58 (DO-5)
3.3	1N4728	1N3821	1N5913		1N5333			
3.6	1N4729	1N3822	1N5914		1N5334			
3.9	1N4730	1N3823	1N5915		1N5335	1N3993&R	1N4557&R	1N4549&R
4.3	1N4731	1N3824	1N5916		1N5336	1N3994&R	1N4558&R	1N4550&R
4.7	1N4732	1N3825	1N5917		1N5337	1N3995&R	1N4559&R	1N4551&R
5.1	1N4733	1N3826	1N5918		1N5338	1N3996&R	1N4560&R	1N4552&R
5.6	1N4734	1N3827	1N5919		1N5339	1N3997&R	1N4561&R	1N4553&R
6.2	1N4735	1N3828	1N5920		1N5341	1N3998&R	1N4562&R	1N4554&R
6.8	1N4736	1N3829	1N5921	1N3785	1N5342	1N3999&R	1N4563&R	1N4555&R
		1N3016				1N2970&R	1N2804&R	1N3305&R
7.5	1N4737	1N3830	1N5922	1N3786	1N5343	1N4000&R	1N4564&R	1N4556&R
		1N3017				1N2971&R	1N2805&R	1N3306&R
8.2	1N4738	1N3018	1N5923	1N3787	1N5344	1N2972&R	1N2806&R	1N3307&R
8.7					1N5345			
9.1	1N4739	1N3019	1N5924	1N3788	1N5346	1N2973&R	1N2807&R	1N3308&R
10	1N4740	1N3020	1N5925	1N3789	1N5347	1N2974&R	1N2808&R	1N3309&R
11	1N4741	1N3021	1N5926	1N3790	1N5348	1N2975&R	1N2809&R	1N3310&R
12	1N4742	1N3022	1N5927	1N3791	1N5349	1N2976&R	1N2810&R	1N3311&R
13	1N4743	1N3023	1N5928	1N3792	1N5350	1N2977&R	1N2811&R	1N3312&R
14					1N5351	1N2978&R	1N2812&R	1N3313&R
15	1N4744	1N3024	1N5929	1N3793	1N5352	1N2979&R	1N2813&R	1N3314&R
16	1N4745	1N3025	1N5930	1N3794	1N5353	1N2980&R	1N2814&R	1N3315&R
17					1N5354		1N2815&R	1N3316&R
18	1N4746	1N3026	1N5931	1N3795	1N5355	1N2982&R	1N2816&R	1N3317&R
19					1N5356	1N2983&R	1N2817&R	1N3318&R
20	1N4747	1N3027	1N5932	1N3796	1N5357	1N2984&R	1N2818&R	1N3319&R
22	1N4748	1N3028	1N5933	1N3797	1N5358	1N2985&R	1N2819&R	1N3320&R
24	1N4749	1N3029	1N5934	1N3798	1N5359	1N2986&R	1N2820&R	1N3321&R
25					1N5360		1N2821&R	1N3322&R
27	1N4750	1N3030	1N5935	1N3799	1N5361	1N2988&R	1N2822&R	1N3323&R
28					1N5362			
30	1N4751	1N3031	1N5936	1N3800	1N5363	1N2989&R	1N2823&R	1N3324&R
33	1N4752	1N3032	1N5937	1N3801	1N5364	1N2990&R	1N2824&R	1N3325&R
36	1N4753	1N3033	1N5938	1N3802	1N5365	1N2991&R	1N2825&R	1N3326&R
39	1N4754	1N3034	1N5939	1N3803	1N5366	1N2992&R	1N2826&R	1N3327&R
43	1N4755	1N3035	1N5940	1N3804	1N5367	1N2993&R	1N2827&R	1N3328&R
47	1N4756	1N3036	1N5941	1N3805	1N5368	1N2996&R	1N2828&R	1N3330&R
51	1N4757	1N3037	1N5942	1N3806	1N5369	1N2997&R	1N2831&R	1N3332&R
56	1N4758	1N3038	1N5943	1N3807	1N5370	1N2999&R	1N2832&R	1N3334&R
60					1N5371			
62	1N4759	1N3039	1N5944	1N3808	1N5372	1N3000&R	1N2833&R	1N3335&R
68	1N4760	1N3040	1N5945	1N3809	1N5373	1N3001&R	1N2834&R	1N3336&R
75	1N4761	1N3041	1N5946	1N3810	1N5374	1N3002&R	1N2835&R	1N3337&R
82	1N4762	1N3042	1N5947	1N3811	1N5375	1N3003&R	1N2836&R	1N3338&R
87					1N5376			
91	1N4763	1N3043	1N5948	1N3812	1N5377	1N3004&R	1N2837&R	1N3339&R
100	1N4764	1N3044	1N5949	1N3813	1N5378	1N3005&R	1N2838&R	1N3340&R
110	*1M110ZS10	1N3045	1N5950	1N3814	1N5379	1N3007&R	1N2840&R	1N3342&R
120	*1M120ZS10	1N3046	1N5951	1N3815	1N5380	1N3008&R	1N2841&R	1N3343&R
130	*1M130ZS10	1N3047	1N5952	1N3816	1N5381	1N3009&R	1N2842&R	1N3344&R
150	*1M150ZS10	1N3048	1N5953	1N3817	1N5383	1N3011&R	1N2843&R	1N3346&R
160	*1M160ZS10	1N3049	1N5954	1N3818	1N5384	1N3012&R	1N2844&R	1N3347&R
170	*1M170ZS10				1N5385			
180	*1M180ZS10	1N3050	1N5955	1N3819	1N5386	1N3014&R	1N2845&R	1N3349&R
200	*1M200ZS10	1N3051	1N5956	1N3820	1N5388	1N3015&R	1N2846&R	1N3350&R

JAN/JANTX(V) available, $\pm 5\%$ only

*1M110ZS10 series supplied in Surmetic (Plastic) DO-41 package.

NOTES—Tolerances (continued)

7. No suffix = $\pm 10\%$

A suffix = $\pm 5\%$

8. 1N3821 series: No suffix = $\pm 10\%$

A suffix = $\pm 5\%$

1N3016 series: A suffix = $\pm 10\%$

B suffix = $\pm 5\%$

9. A suffix = $\pm 10\%$

B suffix = $\pm 5\%$

C suffix = $\pm 2\%$

D suffix = $\pm 1\%$

10. A suffix = $\pm 10\%$

B suffix = $\pm 5\%$

Exception

1N3993–1N4000 No suffix = $\pm 10\%$

A suffix = $\pm 5\%$

11. A suffix = $\pm 10\%$

B suffix = $\pm 5\%$

12. RA and RB = Reverse Polarity Types Available.